



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOLOGIA

LUÍS CARLOS BASTOS FREITAS

DESCRIÇÃO DE NOVOS TAXONS DE INSETOS FÓSSEIS DOS
MEMBROS CRATO E ROMUALDO DA FORMAÇÃO SANTANA E
COMENTÁRIOS SOBRE A GEODIVERSIDADE DO GEOPARK ARARIPE,
BACIA SEDIMENTAR DO ARARIPE, NORDESTE DO BRASIL

FORTALEZA

2019

LUÍS CARLOS BASTOS FREITAS

**DESCRIÇÃO DE NOVOS TAXONS DE INSETOS FÓSSEIS DOS
MEMBROS CRATO E ROMUALDO DA FORMAÇÃO SANTANA E
COMENTÁRIOS SOBRE A GEODIVERSIDADE DO GEOPARK ARARIPE,
BACIA SEDIMENTAR DO ARARIPE, NORDESTE DO BRASIL**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geologia da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de doutor em Geologia. Área de concentração: Geologia Sedimentar e Paleontologia.

Orientador: Prof. Dr. Geraldo Jorge Barbosa de Moura.

Coorientador: Prof. Dr. César Ulisses Vieira Veríssimo.

FORTALEZA

2019

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Biblioteca Universitária

Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

- F936d Freitas, Luís Carlos Bastos.
DESCRIÇÃO DE NOVOS TAXONS DE INSETOS FÓSSEIS DOS MEMBROS CRATO E ROMUALDO DA FORMAÇÃO SANTANA E COMENTÁRIOS SOBRE A GEODIVERSIDADE DO GEOPARK ARARIPE, BACIA SEDIMENTAR DO ARARIPE, NORDESTE DO BRASIL / Luís Carlos Bastos Freitas. – 2019.
124 f. : il. color.
- Tese (doutorado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências, Programa de Pós-Graduação em Geologia, Fortaleza, 2019.
Orientação: Prof. Dr. Geraldo Jorge Barbosa de Moura.
Coorientação: Prof. Dr. César Ulisses Vieira Veríssimo.
1. Gryllidae. 2. Siricoidea. 3. Araripegryllus romualdoi. 4. Patrimônio Paleontológico. 5. Bacia do Araripe. I. Título
-

CDD 551

LUÍS CARLOS BASTOS FREITAS

DESCRIÇÃO DE NOVOS TAXONS DE INSETOS FÓSSEIS DOS
MEMBROS CRATO E ROMUALDO DA FORMAÇÃO SANTANA E
COMENTÁRIOS SOBRE A GEODIVERSIDADE DO GEOPARK ARARIPE,
BACIA SEDIMENTAR DO ARARIPE, NORDESTE DO BRASIL

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geologia da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de doutor em Geologia. Área de concentração: Geologia Sedimentar e Paleontologia.

Aprovada em: 18/01/2019.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Geraldo Jorge Barbosa de Moura (Orientador)
Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE)

Prof. Dr. Marcio Mendes (Interno)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Marcos Antônio Leite do Nascimento (Externo)
Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN)

Prof. Dr. Kleberson de Oliveira Porpino (Externo)
Universidade do Estado do Rio Grande do Norte (UERN)

Dr^a Pâmela Moura (Externo)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

A Deus.

Aos meus pais, esposa e filhos.

AGRADECIMENTOS

Ao Serviço Geológico do Brasil (SGB), pelo apoio financeiro e liberação para a realização do doutorado.

Ao Departamento de Gestão Territorial; Cássio Roberto da Silva, Jorge Pimentel, Jaime Colares e Darlan Filgueiras pelo apoio na realização desta tese.

Aos Professores, Dr. Geraldo Jorge Barbosa de Moura e Dr. César Ulisses Vieira Veríssimo pela excelente orientação.

Aos professores participantes da banca examinadora pelas valiosas colaborações e sugestões.

Um especial agradecimento ao Prof. Dr. Itabaraci N. Cavalcante pelo incentivo e colaboração para a realização da pesquisa.

Aos colegas do Serviço Geológico do Brasil (SGB), pela ajuda nos trabalhos de campo e laboratório.

Aos colegas da turma de doutorado, pelas reflexões, críticas e sugestões recebidas.

“a imaginação muitas vezes nos leva a mundos que nunca sequer existiram, mas sem ela, não vamos a lugar nenhum”

Carl sagan

RESUMO

A Bacia Sedimentar do Araripe (BSA) é muito promissora em diversos aspectos e principalmente por ser um ambiente geológico favorável a existência de fósseis dos mais diversos táxons. Nela também está localizado o Geopark Araripe, pertencente a *Global Geoparks Networks* (GGN) e ao *UNESCO Global Geoparks* (UGG). Nesta tese são descritas duas novas ocorrências fósseis de insetos: A primeira é de um exemplar fóssil de inseto em nódulo calcário do Membro Romualdo da Formação Santana “*First Occurrence and Paleo-Ecological Implications of Insects (Orthoptera: Ensifera Gryllidae) in the Romualdo Member of the Santana Formation, Eo-Cretaceous of the Araripe Basin*” (Publicado). O outro, trata-se da primeira ocorrência de um exemplar fóssil de Hymenoptera (Insecta) da Superfamília Siricoidea para o Membro Crato da Formação Santana. “*A new Hymenoptera (Insecta) for the Eo-Cretaceous of the Araripe basin, Brazil*” (Submetido). A geodiversidade encontrada no Geopark Araripe é comentada no capítulo “**Geodiversidade Conceitos, Aplicações e Estado da Arte no Brasil: Uma Aplicação ao Geopark Araripe**” (Publicado) contendo as revisões necessárias para a realização da pesquisa no que se refere a geodiversidade da Bacia Sedimentar do Araripe e, em especial, da Formação Santana, unidade geológica de origem dos dois exemplares fósseis analisados nos itens anteriores. As novas espécies fósseis aqui descritas, com holótipos alocados no Brasil, contribuem para o inventário do patrimônio paleontológico da BSA, sendo alguns dos poucos holótipos de insetos fósseis da BSA no país, criando possibilidades de comparações, revisões e reclassificações tanto taxonômicas como de características de unidades geológicas ambientais da Geodiversidade.

Palavras Chave: Gryllidae; Siricoidea; *Araripegryllus romualdoi*, Patrimônio Paleontológico.

ABSTRACT

The Araripe Sedimentary Basin (ASB) is very promising in several aspects and mainly because it is a geological environment favorable to the existence of fossils of diverse taxa. In it is also located the Araripe Geopark, belonging to Global Geoparks Networks (GGN) and *UNESCO Global Geoparks* (UGG). In this thesis two new fossil insect occurrences are described: The first occurrence is a fossil specimen of insect in a calcareous nodule of the Romualdo Member of the Santana Formation “*First Occurrence and Paleo-Ecological Implications of Insects (Orthoptera: Ensifera Gryllidae) in the Romualdo Member of the Santana Formation, Eo-Cretaceous of the Araripe Basin*” (Published). The other is the first occurrence of a fossil specimen of Hymenoptera (Insecta) of the Siricoidea Superfamily from the Crato Member of the Santana Formation. “*New species of Hymenoptera (Insecta) for the Eo-Cretaceous of the Araripe basin, Brazil*” (Submitted). The geodiversity found in Araripe Geopark is commented on in chapter “**Geodiversidade Conceitos, Aplicações e Estado da Arte no Brasil: Uma Aplicação ao Geopark Araripe**” (Published) containing the necessary revisions for the realization of the research regarding the geodiversity of the Araripe Sedimentary Basin and the Santana Formation, geological unit of origin of the two fossil specimens analyzed in the previous items. The new fossil species described here, with holotypes housed in Brazil, contribute to the inventory of the paleontological heritage of the BSA, being some of the few fossil insect holotypes of the ASB in Brazil, creating possibilities of comparisons, revisions and reclassifications both taxonomic and characteristics of geological-environment units of Geodiversity.

Keywords: Gryllidae; Siricoidea; *Araripegryllus romualdoi*, Paleontological Heritage.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1 – Localização da área de estudo.....	15
Figura 2.1.1 – Coluna cronolitoestratigráfica da Bacia do Araripe.....	17
Figura 2.1.2 – Litostratigrafia da sequência pós-rifte no Geopark Araripe com base nas folhas Santana do Cariri e Crato (1: 25.000).....	20
Figura 2.1.3 - Sequência do Membro Crato. 1 – Andar Internacional; 2 – Andar local.	23
Figura 2.1.4 – Datação do surgimento dos insetos com base em relações filogenéticas	30
Figura 2.1.5 – Phasmida(?), Aerophasmatidae, Cretophasmatinae: <i>Cretophasma araripeensis</i> Martins-Neto, 1989, holotype GP/IT-1623.....	35
Figura 2.1.6 - Nomenclatura de partes de vespas Symphita e desenho esquemático de uma Siricoidea completa (Symphyta: Siricinae).....	41
Figura 2.1.7 – Distribuição do Domínio dos Sedimentos Cenozoicos e/ou Mesozoicos Pouco a Moderadamente Consolidados, Associados a Pequenas Bacias Continentais do Tipo Rift no estado do Ceará.....	48
ARTIGO I	
Figure 1 - Map of the location of the Santana do Cariri region within the Araripe sedimentary basin, highlighting the Romualdo Member and the location of the excavations. (Road and Highways – Location of the Excavation).....	54
Figure 2 - Schematic profile of the distribution of the calcareous concretions and the location of the fossil finding, modified from Saraiva et al. 2007.....	55
Figure 3 - <i>Araripegryllus romualdoi</i> sp. nov. (MPSC 1846p) on the left, and its schematic drawing on the right.....	56
Figure 4 - Schematic drawings comparing the species – 1: <i>Caririgryllus brachypterus</i> , Martins Neto 2002; 2: <i>Araripegryllus nanus</i> , Martins Neto 1991; 3: <i>Araripegryllus serrilhatus</i> , Martins Neto 1991; 4: <i>Araripegryllus femininus</i> , Martins Neto 1991; 5: <i>Araripegryllus romualdoi</i> , sp. nov.; 6 – 7: <i>Araripegryllus robustos</i> , Martins Neto 2002. Adapted from Martins Neto 1991 and Lee 2011.....	58
ARTIGO II	
Figure 01 – Map of geographical area and lithologic distribution in the Araripe Basin, with detail of the region of Nova Olinda and Santana do Cariri.....	64
Figure 02 – Sedimentary facies of the Crato Member, Santana Formation, Lower Cretaceous of the Araripe Basin, specifying the stratigraphic location of the fossil find.....	65
Figure 03 – <i>Primusyntexis arariptera</i> , gen. et. sp. nov. A – Holotype design; B – Detail of cells and crossveins of the wings; C – Holotype to natural light.....	68

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Distribuição estratigráfica de ostracodes fósseis na Bacia do Araripe (ARAI <i>et al.</i> , 1997).....	26
Tabela 2 - Zoneamento palinoestratigráfico dos estratos Jurássico e Cretáceo da Bacia do Araripe mostrando os principais taxa de palinomorfos (ARAI <i>et al.</i> , 1997).....	27
Tabela 3 - Famílias e espécies da Ordem Odonata descritas para o Membro Crato.....	31
Tabela 4 - Famílias e espécies da Ordem Ephemeroptera descritas para o Membro Crato.	33
Tabela 5 - Famílias e espécies da Ordem Orthoptera descritas para os Membros Crato e Romualdo.....	34
Tabela 6 - Famílias e espécies da Ordem Dermaptera descritas para o Membro Crato.....	36
Tabela 7 - Famílias e espécies da Ordem Dictyoptera descritas para o Membro Crato.....	36
Tabela 8 - Famílias e espécies da Ordem Hemíptera descritas para o Membro Crato.....	37
Tabela 9 - Famílias e espécies da Ordem Coleoptera descritas para o Membro Crato.....	39
Tabela 10 - Famílias e espécies da Ordem Diptera descritas para o Membro Crato.....	39
Tabela 11 - Famílias e espécies da Ordem Himenoptera descritas para o Membro Crato....	40
Tabela 12 - Famílias e espécies da Ordem Lepidoptera descritas para o Membro Crato.....	42
Tabela 13 - Famílias e espécies da Ordem Neoptera descritas para o Membro Crato.....	42
Tabela 14 - Famílias e espécies da Ordem Raphidioptera descritas para o Membro Crato..	44
Tabela 15 - Famílias e espécies da Ordem Trichoptera descritas para o Membro Crato.....	44
Tabela 16 - Famílias e espécies da Ordem Megaloptera descritas para o Membro Crato....	45

Sumário

1.0. INTRODUÇÃO	14
1.1. Descrição da Área de Estudo	14
1.2. Objetivos	15
1.2.1. Objetivo Geral.....	15
1.2.2. Objetivos Específicos.....	15
2.0. REFERENCIAL TEÓRICO	16
2.1. Geologia, geomorfologia e conteúdo fossilífero já descrito para a bacia Sedimetar do Araripe	16
2.1.1. SEQUÊNCIA BETA.....	17
• Formação Mauriti (GASPARY e ANJOS, 1964).....	17
2.1.2. SEQUÊNCIA PRÉ-RIFTE.....	18
• Formação Brejo Santo (GASPARY e ANJOS, 1964).....	18
• Formação Missão Velha (BEURLEN, 1963).....	19
• Formação Abaiara (PONTE e APPI, 1990).....	19
2.1.4. SEQUÊNCIA PÓS-RIFTE (APTIANO-ALBIANO).....	20
2.1.4.1. Formação Rio da Batateira (PONTE e APPI, 1990).....	21
2.1.4.2. Formação Santana (BEURLEN, 1963).....	22
2.1.4.2.1. Membro Crato.....	22
Ambiente deposicional e paleoclima:.....	23
Idade:.....	25
2.1.4.2.2. Membro Ipubi.....	28
2.1.4.2.3. Membro Romualdo.....	28
2.1.5. Formação Arajara (PONTE e APPI, 1990).....	29
2.1.6. Formação Exu (BEURLEN, 1963).....	30
2.1.7. Estágio Atual do conhecimento sobre a Paleoentomofauna da Formação Santana.....	30
Pterygota.....	30
➤ Sub-Classe Palaeoptera.....	30
Ordem Odonata:.....	31
Ordem Ephemeroptera:.....	33
➤ Sub-Classe Polyneoptera.....	33
Ordem Orthoptera (gafanhotos, grilos e esperanças).....	34
Ordem Phasmida (?).....	35
Ordem Dermaptera (“tesourinhas”).....	36
Ordem Dictyoptera (Baratas, Cupins e Mantídeos).....	36
➤ Sub-Classe Paraneoptera.....	37

Ordem Hemíptera	37
➤ Sub-Classe Endopterygota	39
Ordem Coleoptera	39
Ordem Diptera	39
Ordem Hymenoptera	40
Ordem Lepidoptera	40
Ordem Neuroptera	41
Ordem Raphidioptera	43
Ordem Trichoptera	43
Ordem Megaloptera	43
2.2. Geodiversidade: Uma síntese da evolução dos conceitos e aplicações na gestão do territorial	44
2.2.1. Caracterização de domínios e unidades geológicas ambientais da Geodiversidade:	45
2.2.2 O Patrimônio Paleontológico da Formação Santana	47
3.0. ESTRUTURAÇÃO DA TESE	49
4.0. RESULTADOS	50
4.1. ARTIGO I – First Occurrence and Paleo-Ecological Implications of Insects (Orthoptera: Ensifera Gryllidae) in the Romualdo Member of the Santana Formation, Eo-Cretaceous of the Araripe Basin (Apêndice 1)	50
4.2. ARTIGO II – A New Hymenoptera (Insecta) for the Eo-Cretaceous of the Araripe basin, Brazil	51
4.3. ARTIGO III - Geodiversidade Conceitos, Aplicações e Estado da Arte no Brasil: Uma Aplicação ao Geopark Araripe (Apêndice 2)	64
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	65
REFERÊNCIAS	66
APÊNDICES	96
APÊNDICE 1	97
APÊNDICE 2	107

1.0. INTRODUÇÃO

O registro fossilífero de insetos da Formação Santana é um dos mais abundantes e diversificados que se tem conhecimento no registro geológico, totalizando 378 espécies descritas até o momento, distribuídas em 122 famílias. Reúne praticamente todas as ordens de insetos conhecidos atualmente, comportando ainda ocorrências de fósseis com características peculiares, como baratas com ovopositor e vespas consideradas mais basais como *Symphita* que eram relativamente comuns no jurássico, mas pouco expressivas no cretáceo.

Ocorre ainda uma diversidade de insetos holometábolos e algumas citações de mecopteras ainda não descritos (BECHLY, 2007a), insetos que só se diversificaram no cretáceo. Também ocorre um inseto fossilizado em concreção calcária em um ambiente considerado marinho deltaico (FREITAS *et al.*, 2016), que é apresentado nesta tese.

A área na Bacia Sedimentar do Araripe (BSA) foi escolhida por ser um Geopark nos moldes da *Global Geoparks Networks* (GGN) e por possuir características geológicas que podem ser trabalhadas, segundo os objetivos, dando um enfoque ao patrimônio geológico/paleontológico. Este último, principal atrativo do geoparque, será abordado com propósito de dar uma maior difusão ao conhecimento paleontológico na BSA como subsídio para a proteção do mesmo.

Como avanços técnico-científicos, tem-se uma maior compreensão sobre a geodiversidade dos domínios e subdomínios na BSA que contem formações geológicas com contexto estratigráfico ainda em discussão após mais de 100 anos de estudo, muito promissora em diversos aspectos por ser um ambiente favorável a existência de depósitos de gipsita, celestita, calcário laminado, sulfetos metálicos, fósseis dos mais diversos táxons e de concentrar na área de estudo diversos geossítios do Geopark Araripe.

1.1. Descrição da Área de Estudo

A área de estudo está localizada na Bacia Sedimentar do Araripe, sul do estado do Ceará, abrangendo a área do Geopark Araripe e a Folha SB-24-Y-D-II-2-SO (Santana do Cariri) local onde foram encontrados os fósseis estudados Figura 1.1.

A Bacia Sedimentar do Araripe está geograficamente situada no interior do Nordeste brasileiro. Tem extensão regional, englobando parte dos estados do Ceará, Piauí e Pernambuco, entre os meridianos 38 ° 30 'e 40 ° 50' de longitude oeste e paralelos 7 ° 05 'e 7 °

50' em latitude S (NEUMANN, 1999) e com uma área total de 9.000 km², disposta no sentido Leste-Oeste por cerca de 180 km e Norte-Sul por cerca de 70 km, no seu trecho mais largo.

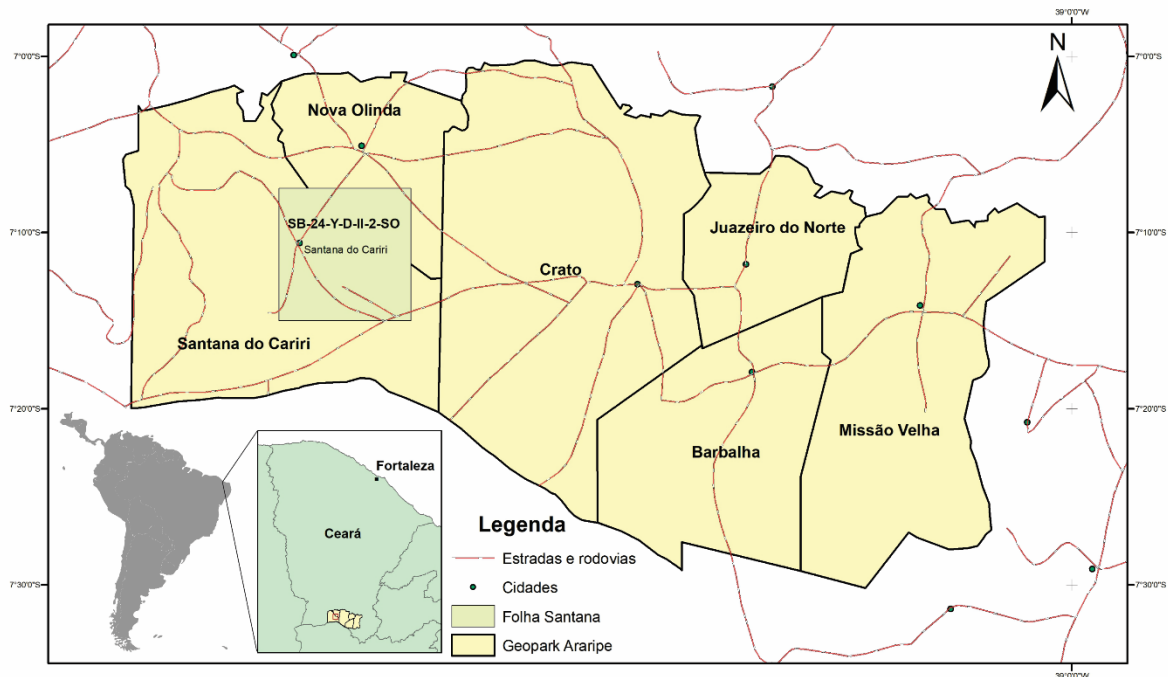


Figura 1.1 – Localização da área de estudo. Geopark Araripe e a Folha Santana do Cariri.

1.2. Objetivos

Os objetivos dividem-se em geral e específicos.

1.2.1. Objetivo Geral

Descrição de novas espécies fósseis de insetos para o eo-cretácio da Bacia Sedimentar do Araripe e caracterização da geodiversidade no âmbito do Geopark Araripe.

1.2.2. Objetivos Específicos

- Descrição do primeiro inseto fóssil para o Membro Romualdo da Formação Santana.
- Descrição de uma nova espécie fóssil de himenóptera para o Membro Crato da Formação Santana. Primeira ocorrência da superfamília Siricoidea na Bacia Sedimentar do Araripe.
- Caracterização da geodiversidade no âmbito do geoparque Araripe.

2.0. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. Geologia, geomorfologia e conteúdo fossilífero já descrito para a bacia Sedimentar do Araripe

Segundo Dantas *et al.* (2014), estudos clássicos sobre evolução geomorfológica do Nordeste Brasileiro, como os desenvolvidos por Bigarella e Andrade (1964); Ab'saber (1969) e Mabesoone (1978), dentre outros, propõem, em linhas gerais, um prolongado evento epirogenético que se estende pelo Cretáceo e Cenozóico (destacando-se, neste contexto, o Planalto da Borborema), com consequente geração de dois a quatro níveis de aplainamento escalonados, tendo sido avaliados com base em datações relativas.

Mabesoone e Castro (1975) sugerem a geração de, pelo menos, duas superfícies de aplainamento para o Estado do Ceará: uma superfície de idade paleógena (Cariris Velhos ou Borborema), que corresponderia aos topos das chapadas da Ibiapaba e Araripe, alçadas em cotas entre 750 e 900 metros, o que corresponderia à superfície Sul-Americana de King (1953); e outra superfície de idade neógena (Sertaneja), uma superfície interplanáltica que corresponderia ao piso da Depressão Sertaneja, embutidas em cotas inferiores a 500 metros, o que corresponderia à superfície Velhas de King (1953).

As bacias interiores do nordeste brasileiro, que são mais comumente conhecidas como bacias tipo-rifte, são bacias que hoje apresentam relevos em forma tabular, a exemplo da Bacia Sedimentar do Araripe, que além desta característica comum as demais, foi alçada em cotas mais elevadas por reativação das falhas limítrofes (MARQUES *et al.*, 2014) e compensações isostáticas (PEULVAST e BÉTARD, 2015).

A nível local a geomorfologia da Bacia do Araripe é caracterizada por escarpas erosivas da vertente norte da chapada, onde afloram rochas sedimentares da Formação Santana (calcários, folhelhos, margas e evaporitos) e, na base, arenitos, de idade jurássica, da Formação Missão Velha.

A litoestratigrafia da bacia foi descrita inicialmente por Small (1913). Ponte e Appi (1990) dividem a coluna em três seções: A Formação Mauriti (Sequência Beta), que constitui a base da coluna; O Grupo Vale do Cariri (Sequências Pré-Rifte e Rifte), que reúne as Formações Brejo Santo, Missão Velha e Abaiara e; O Grupo Araripe (sequência Pós-Rifte), dividido nas Formações Rio da Batateira, Santana, Arajara e Exu (Figura 2.1.1).

A explanação das sequências estratigráficas segue os modelos propostos e são descritas a seguir:

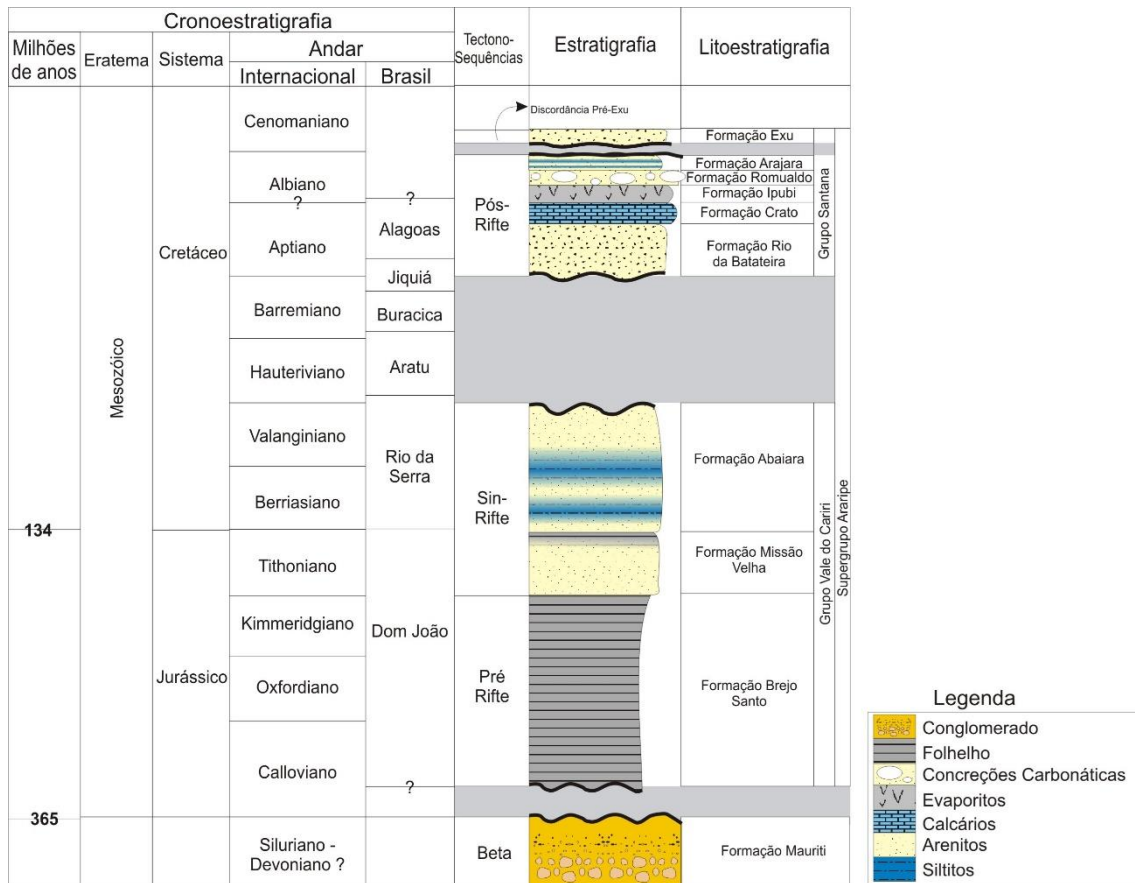


Figura 2.1.1 – Coluna cronolitoestratigráfica da Bacia do Araripe. (Modificado de Moura, 2006).

2.1.1. SEGUÊNCIA BETA

- **Formação Mauriti (GASPARY e ANJOS, 1964)**

A Formação Mauriti constitui a base da coluna sedimentar da Bacia do Araripe. Esta unidade aflora nas porções norte e nordeste da bacia (NEUMANN, 1999; NEUMANN e CABRERA, 1999; SILVA, 2003). É constituída por arenitos grossos intercalados por níveis conglomeráticos, predominantemente constituído por quartzo e secundariamente por feldspato. Apresenta coloração clara, variando entre rosa, amarelo e branco. Segundo Assine (1994), as sucessões da Formação Mauriti são interpretadas como um sistema fluvial tipo entrelaçado que deixou remanescentes isolados em várias bacias interiores do Nordeste do Brasil. Atribui-se uma idade paleozóica, possivelmente Siluriano – Devoniano (NEUMANN, 1999; NEUMANN e CABRERA, 1999 e SILVA, 2003) ou ainda mais antiga (MEDEIROS *et al.*, 2001).

A estratificação cruzada de pequeno a médio porte é comum e os arenitos apresentam-se compactos e silicificados, formando rochas resistentes e capazes de sustentar até

cachoeiras, como a de Missão Velha. Constitui um pacote com espessura variável entre 10 e 50m (BEURLEN, 1963; PONTE e APPI, 1990).

Em termos paleontológicos apresenta apenas icnofósseis ainda não descritos do tipo planolites (ALBUQUERQUE *et al.*, 2000). Carvalho *et al.* (1995) descrevem possíveis pegadas de dinossauros (terópodes e ornitópodes) para estratos atribuídos a Formação Missão Velha, para estes autores equivalente a todas as unidades pré-Grupo Santana, incluindo a Formação Mauriti.

2.1.2. SEQUÊNCIA PRÉ-RIFTE

Este pacote preenche grabens e recobre horsts controlados por uma série de falhamentos NE e NW. Reúne as Formações Brejo Santo e Missão Velha.

- **Formação Brejo Santo (GASPARY e ANJOS, 1964)**

A Formação Brejo Santo foi depositada em um ambiente lacustre, sugerido pela presença de ostracodes *Bisulcocypris pricei* (BRAUN, 1966 *apud* NEUMANN, 1999) e de conchostráceos, diagnósticos de ambiente de água doce ou de baixa salinidade. Este ambiente deposicional representa a primeira etapa de geração de depósitos lacustre nas bacias intracratônicas do Nordeste do Brasil (NEUMANN, 1999).

É formada por folhelhos e argilitos vermelhos, sílticos, calcíferos, entre os quais ocorrem camadas decimétricas a métricas de arenitos finos a médios, e delgadas lâminas de calcário argiloso, rico em ostracodes, às vezes formando bancos decimétricos de ostracodito (ASSINE, 1992; PONTE e APPI, 1990; NEUMANN, 1999; NEUMANN e CABRERA, 1999 e VIANA e CAVALCANTI, 1989). Apresenta uma espessura de 400m, aflorando a leste da cidade de Missão Velha, na localidade de Olho d'água Comprido (ARAI *et al.*, 2001). Apresenta conteúdo fossilífero diversificado, com ostracodes, conchostráceos e vertebrados. Os vertebrados são representados por condricties, osteícties sarcopterígijs celacantídeos, provavelmente do gênero *Mawsonia*, e dipnóicos, osteícties actinopterígijs, além de quelônios, crocodilomorfos e lagartos (VIANA e CAVALCANTI, 1991; SILVA e AZEVEDO, 1992; CAVALCANTI e VIANA, 1992; BRITO *et al.*, 1994; VIANA e CAVALCANTI, 1995 e SILVA, 2004). Também são registradas ocorrências de icnofósseis do tipo *Planolites* (icnogênero mais abundante), *Cochlichnus* e possivelmente *Lockeia* e de coprólitos atribuídos a peixes e répteis (CARVALHO e FERNADES, 2000 e SILVA, 2004).

Atribui-se o enquadramento da formação no Andar Dom João, provavelmente Jurássico Superior (CARVALHO e FERNADES, 2000 e SILVA, 2004), pela presença de ostracodes *Bisulcocypris pricei* (CAVALCANTI e VIANA, 1992). O conteúdo palinológico

confirma esta atribuição cronoestratigráfica pela ocorrência de espécies da palinozona *Dicheiropollis* sp. A./ *Leptolepidites* spp., com alto teor de grãos de pólen dissacado do tipo *Cedripites*, de esporos triletes lisos e de algas do gênero *Botryococcus* (ARAI *et al.*, 2001).

Esta Formação é correlacionável com as Formações Tacaratu, bacias do Tucano e Jatobá, e a Formação Serra Grande (Bacia do Parnaíba).

- **Formação Missão Velha (BEURLEN, 1963)**

É formada por arenitos grossos (quartzosos e feldspáticos) mal selecionados de coloração branca e amarelo com presença de estratificações cruzadas e níveis de conglomerados. Aflora ao longo do Vale do Cariri com uma espessura de 200m, sendo constante ao longo da bacia.

Representa uma associação de arenitos fluviais, predominantemente anastomosados, mostrando uma sucessão de ciclos deposicionais granodecrescentes desde a base até o topo. Esta Formação é a unidade hidroestratigráfica denominada “Aqüífero Missão Velha”, onde estão instalados a maioria dos poços tubulares profundos na região (AGUIAR *et al.*, 2006).

Caracteriza-se paleontologicamente por apresentar troncos de gimnospermas, atribuídos provavelmente à conífera *Dadoxylon benderi* (BRITO, 1987a *apud* VIANA, 1990). Esta formação é interpretada como sistema fluvial, formada durante evento tectônico que ocasionou elevação epirogenética das áreas fontes (NEUMANN, 1999; NEUMANN e CABRERA, 1999).

Em termos palinológicos, apresenta-se na mesma palinozona da Formação Brejo Santo (Palinozona de *Dicheiropollis* sp. A./ *Leptolepidites* spp.), diferindo apenas por apresentar quantidade apreciável de *Vitreisporites pallidus* (ARAI *et al.*, 2001). Enquadra-se no Andar Dom João, provavelmente Jurássico Superior (NEUMANN, 1999; NEUMANN e CABRERA, 1999).

2.1.3. SEQUÊNCIA RIFTE

- **Formação Abaiara (PONTE e APPI, 1990)**

A Formação Abaiara reúne arenitos micáceos argilosos, finos a médios, intercalados com siltitos e folhelhos castanhos, cinzentos e verdes, bem estratificados, contendo delgadas camadas de carbonatos impuros. A associação corresponde a um sistema deposicional flúvio-lacustre sintectônico. Possui áreas de exposição modestas e restritas ao Vale do Cariri (AGUIAR *et al.*, 2006).

Representa a parte superior da primeira fase lacustre. Os depósitos proximais formados por arenitos finos e siltitos bem selecionados são interpretados como depósito de delta e planície de inundação fluvial. Os depósitos distais do sistema fluvial são representados por intercalações de lutitos com siliciclásticos grossos. Paleontologicamente apresenta uma microfauna constituída de ostracodes e conchostráceos (NEUMANN, 1999; NEUMANN e CABRERA, 1999). Também são encontrados fragmentos de troncos silicificados, provavelmente retrabalhados da Formação Missão Velha (ASSINE, 1990). Enquadra-se no Andar Rio da Serra, provavelmente Berriasiano - Valanginiano, pela presença das espécies que caracterizam as biozonas de *Cypridea primaria/Cypridea sellata*, de *Cypridea candeiensis* e de *Cypridea salvadorensis nodifer* (NEUMANN, 1999; NEUMANN e CABRERA, 1999).

2.1.4. SEQUÊNCIA PÓS-RIFTE (APTIANO-ALBIANO)

As seqüências pós-rifte recobrem em discordância angular unidades das seqüências mais antigas ou repousam diretamente sobre o embasamento cristalino, sendo a segunda configuração comum na porção oeste da bacia (ASSINE, 2007).

Uma síntese da crono e litoestratigrafia da BSA no âmbito do Geopark Araripe com base em mapeamento das folhas Santana do Cariri e Crato (1:25.000) encontra-se na figura 2.1.2.

Cronoestratigrafia		Litoestratigrafia Folha Santana	Litoestratigrafia Folha Crato	Seqüência		
100Ma	CRETÁCEO	Cecominiano	Formação Exu	Formação Exu	Pós-Rifte	
		Albiano	Erosão		Pós-Rifte	
			Formação Santana	Membro Romualdo		Membro Romualdo
				Fc.Ev		
				Membro Ipubi Fc.S.A.		Membro Ipubi Fc.S.A.
Fc.CL	Fc.S.A.C					
Membro Crato Fc.S.A.C	Membro Crato Cam. Batateira					
110Ma	Aptiano	Formação Rio da Batateira	Fc.A.S.A Formação Rio da Batateira			
			Fc.A.A			
120Ma	Barreriano	Erosão				

Fc.Ev = Fácies Evaporítica. Fc.S.A = Fácies Siltico Argilosa. Cam. Bat = Camadas Batateiras. Fc.CL = Fácies Calcário Laminado. Fc.A.A = Fácies Areno Argilosa.

Figura 2.1.2 – Litoestratigrafia da seqüência pós-rifte no Geopark Araripe com base nas folhas Santana do Cariri e Crato (1:25.000).

Fonte: Autor

2.1.4.1. Formação Rio da Batateira (PONTE e APPI, 1990)

É o estágio inicial da tectonosequência “Pós-rift” e apresenta uma espessura na ordem de 200m sendo constituída pela associação de duas fácies principais. Na base arenitos friáveis e micáceos, com intercalações de lutitos, ambos com cores amarelo e roxo, representando uma associação fluvial. Em seguida encontra-se arenito fino de cor amarelo e cinza e lutitos cinza, representando uma associação lacustre-deltáica (NEUMANN, 1999; NEUMANN e CABRERA, 1999). Segundo Farina (1974) *apud* Neumann (1999) e Hashimoto *et al.* (1987) *apud* Neumann (1999), na porção média da formação encontra-se uma seqüência lutítica-carbonática definida como “Camadas Batateiras”; interpretada como brecha calcária mineralizada com sulfetos (galena, pirita, calcopirita e esfarelita) e apresentando nos limites basais e superiores lutitos argilosos e pirobetuminosos com estruturas algálicas (NEUMANN, 1999 e NEUMANN e CABRERA, 1999). A porção superior da Formação Rio da Batateira encontra-se em contato lateral com o Membro Crato (NEUMANN, 1999; NEUMANN e CABRERA, 1999). Paleontologicamente caracteriza-se primariamente por apresentar ostracodes e palinórfos (NEUMANN, 1999; NEUMANN e CABRERA, 1999), secundariamente por macrorestos de plantas aquáticas (DUARTE, 1985), dinoflagelados (PONS *et al.*, 1990) peixes, coprólitos, além de estruturas algálicas (CAVALCANTI e VIANA, 1992). Pelas análises de matéria orgânica (HASHIMOTO *et al.*, 1987; BAUDIN *et al.*, 1990) e pela presença de dinoflagelados (PONS *et al.*, 1990) sugere-se uma influência marinha na formação. Enquadra-se no Andar Alagoas inferior, provavelmente Cretáceo Inferior – Aptiano, pela presença de representantes da Palinozona *Sergipea variverrucata* (LIMA e PERINOTTO, 1984; ASSINE, 1990; ARAI *et al.*, 1997; NEUMANN, 1999 e NEUMANN e CABRERA, 1999).

A seqüência pelítica como um todo, recebeu o nome de Sequência Plumblífera do Araripe (SPA) por Farina (1974), que também descreveu a assembleia fóssil encontrada nesta unidade e apresentou modelo metalogenético comparado aos depósitos de Kupferschiefer na Alemanha. Esta seqüência pode ser considerada como uma “camada” guia a nível regional, pois “camadas” parecidas e correlatas foram descritas por Hashimoto *et al.* (1987) em outras bacias do nordeste brasileiro. A assembleia de fósseis evidenciada permite situar a SPA como sendo do Eo-cretáceo, mais precisamente do Aptiano (FARINA, 1974), (Biozona P-270, para HASHIMOTO *et al.*, 1987 e REGALI, 2001). A influência marinha já é sugerida por Farina (1974).

Foram identificados por Barbosa *et al.* (2006) icnofósseis associados a icnoespécie *Taenidium barreti* (BRADSHAW, 1981) em siltitos desta formação, no local conhecido como perfil do Lameiro, Crato, Ceará, Bacia do Araripe, as margens do rio homônimo.

Segundo Rios-Netto *et al.* (2012), o intervalo formacional Rio da Batateira – Santana é parcialmente correlacionável com os intervalos estudados por Dino (1992; Formação Alagamar, Bacia Potiguar), Antonioli (2001; Formação Codó, Bacia do Parnaíba), Carvalho (2001; parte superior da Formação Muribeca e parte inferior da Formação Riachuelo, Bacia de Sergipe) e Rosseti *et al.* (2004; parte da Formação Codó, Bacia de Grajaú).

2.1.4.2. Formação Santana (BEURLEN, 1963)

A denominação Santana foi atribuída por Small (1913). É subdividida em três Membros: Crato, Ipubi e Romualdo, da base para o topo (BEURLEN, 1971; adotado por PONTE e APPI, 1990).

2.1.4.2.1. Membro Crato

O Membro Crato constitui um pacote com espessura média da ordem de 50 metros, compreendendo folhelhos cinzas, calcíferos, laminados e calcários cinza claro e bege, argilosos e finamente laminados. Representa uma fácies de um sistema deposicional lacustre.

Os calcários laminados do Membro Crato são mundialmente famosos por sua fauna e flora fósseis excepcionalmente bem preservadas e taxonomicamente diversificadas (HEIMHOFER *et al.*, 2010). É reconhecido como sítio paleontológico de relevância mundial pela Comissão Brasileira de Sítios Geológicos e Paleobiológicos (SIGEP) (VIANA e NEUMANN, 2002).

Segundo Neumann (1999), o Membro Crato apresenta 6 unidades de calcário laminado, com laminação milimétrica a centimétrica, denominadas da base para o topo de C₁ a C₆ (Figura 2.1.3). Variam de cores que variando do cinza azulado ao cinza claro e do marrom ao bege. As unidades apresentam espessuras diferentes, sendo mais espessa na porção SE da bacia, representando uma importante jazida de calcário, atualmente explorado pela indústria de cimento e de rochas ornamentais.

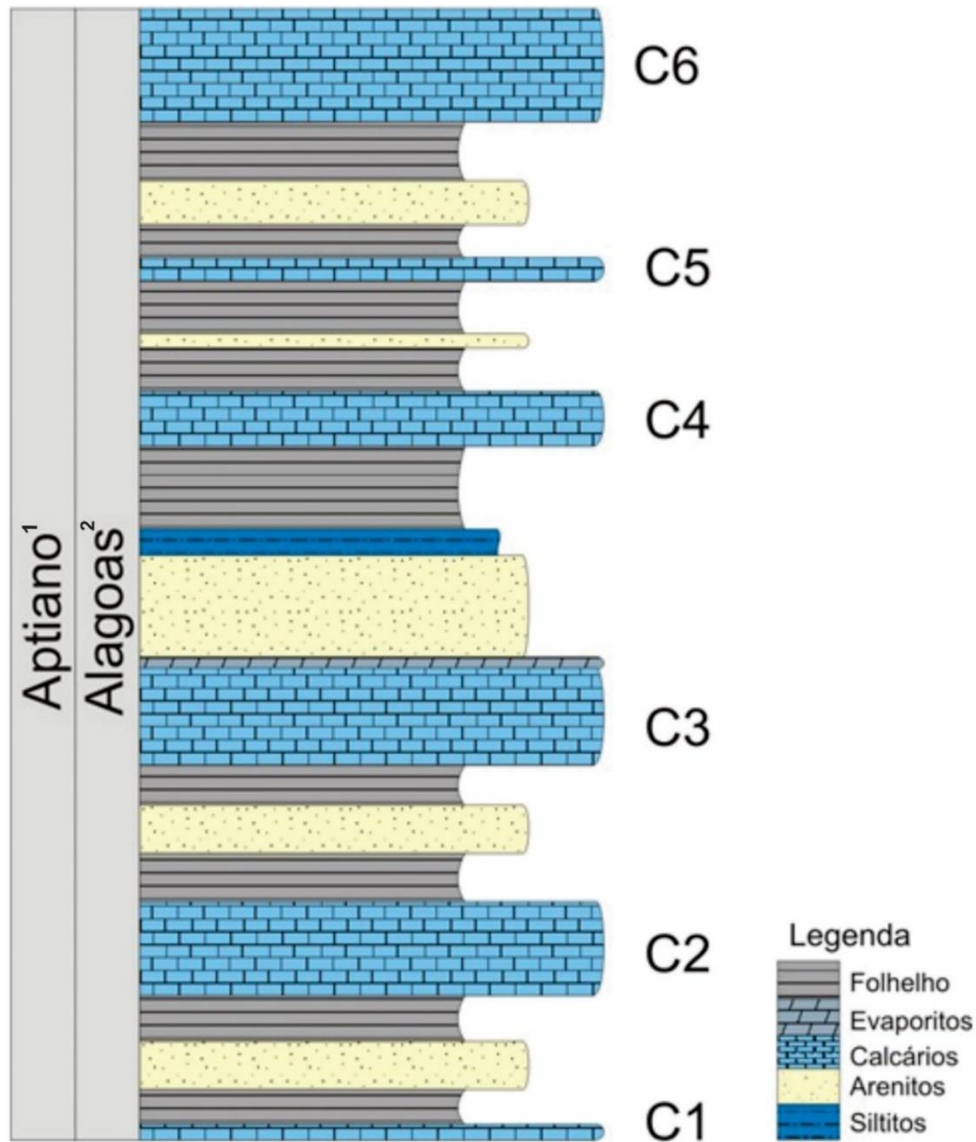


Figura 2.1.3 - Seqüência do Membro Crato. 1 – Andar Internacional; 2 – Andar local.

Fonte: (modificado de Moura, 2006).

Ambiente deposicional e paleoclima:

Segundo Lima (1978b), a deposição da Membro Crato efetuou-se em ambiente de água doce (lacustre), iniciando-se na porção NE da bacia. Provavelmente tratando-se inicialmente de um corpo de água relativamente raso, com a litologia e estruturas sedimentares (marcas de ondas e estratificações cruzadas) apoiando a observação do autor. Dados palinológicos (Lima 1978b) indicam uma vegetação essencialmente arbórea cercado a área do provável lago. O ambiente de deposição foi tornando-se mais profundo e redutor, a bacia teve seus limites ampliados, principalmente na direção oeste. A deposição dos calcários laminados e a preservação de organismos extremamente frágeis, com fungos ascomicetos, carapaças de ostracodes, conchostráceos e algas sugere as condições deposicionais tornaram-

se cada vez mais tranqüila, com pouca ou nenhuma energia. No topo da Membro Crato, na região de Santana do Cariri, evidencia-se a deposição de sedimentos marinhos, atestados pela presença de foraminíferos quitinosos e cistos de dinoflagelados (Lima, 1978b).

Assine (1992) interpreta o Membro Crato como sendo uma ampliação de um sistema lacustre, indicando condições de baixa energia no ambiente deposicional, com influxo terrígeno e turvação da água paulatinamente decrescentes.

Segundo Viana (1990), a estratificação plano paralela muito fina das camadas horizontalizadas de calcário indicam um ambiente de pouca energia; a associação fossilífera de conchostráceos, ostracodes, insetos, peixes da família Chanidae relativamente pequenos (*Dastilbe*), entre outros, indica uma origem de água doce para o Membro Crato. A região entre Nova Olinda e Santana do Cariri provavelmente corresponderia à borda do grande lago, estando atualmente na borda N da bacia em contato com o embasamento e indicando uma possível via de entrada de terrígenos e aéreos no momento da deposição, com plantas, insetos, aranhas, répteis etc, que por ventura fossem carreados pelas correntes (Viana, 1990).

Através da análise palinológica e de macro restos vegetais, Neumann (1999), Neumann e Cabrera (1999) e Neumann *et al.* (2002) sugerem, como ambiente deposicional da Membro Crato, um ambiente daltáico-lacustre dividido em quatro subambientes distintos: 1- um lago salino, com haloclina variável e porção mais marginal constituída de água doce, apresentando margens variáveis de acordo com o aporte de sedimento e água; 2-zona lacustre marginal, periodicamente inundada, circundada por pântanos e bosques tropicais úmidos; 3-zonas elevadas, acima do nível freático, porém bem drenadas; e 4-um relevo de colinas.

O ambiente deposicional do Membro Crato é sem dúvida outro tema polêmico relacionado à bacia, pois embora todos os autores citados anteriormente comunguem com a idéia de que as camadas de calcários laminados foram depositadas em ambiente de água doce, de forma ainda enigmática se observa pseudomorfos de sal (halita) nos calcários laminados (NEUMANN, 1999; NEUMANN e CABRERA, 1999; NEUMANN *et al.*, 2002 e SILVA, 2003); muitos autores já tentaram reconstituir o ambiente deposicional, porém sobre este tema ainda se encontram controvérsias.

A análise de palinórfos indica para o Membro Crato condições climáticas de aridez e semi-aridez, apresentando uma instabilidade dos recursos hídricos, com épocas de seca e épocas de água abundante (LIMA, 1978a e b; NEUMANN, 1999; NEUMANN e CABRERA, 1999 e NEUMANN *et al.*, 2002).

Idade:

A idade precisa do Membro Crato é mais um dos temas polêmicos relacionados à bacia. Muitos autores já tentaram reconstituir a posição cronológica relativa a esta formação, mas encontra-se ainda indefinida. Isto se deve ao conteúdo fossilífero ser predominantemente endêmico, não permitindo uma correlação com as sequências sedimentares de outras bacias (BUERLEN, 1971 *apud* NEUMANN, 1999; MABESOONE e TINOCO, 1973 *apud* NEUMANN, 1999; LIMA, 1978a e b e NEUMANN, 1999). Outra dificuldade encontrada para solucionar este problema é que a cronoestratigrafia internacional do Cretáceo se baseia principalmente em fósseis marinhos e a formação em questão, por ter origem continental – lacustre, dificulta a correlação com a cronoestratigrafia internacional (NEUMANN, 1999).

Segundo Lima (1978a, 1980) e Hashimoto *et al.* (1987) *apud* Neumann (1999), o Membro Crato é considerado de idade albiana basal pelo conteúdo palinológico. Segundo Arai *et al.* (1997), baseados em uma série de trabalhos sobre a ostracofauna e palinórfos realizados principalmente pela PETROBRAS nos últimos dez anos, a idade do Membro Crato é meso a neo-aptiana (porção inferior a média do andar local Alagoas), compreendendo duas biozonas, uma baseada em ostracodes (denominada *Cytheridea* ?), cujas formas-guias encontram-se na Tabela 1, e outra baseada em palinórfos. Em relação aos palinórfos, o Membro Crato é posicionado por Arai *et al.* (1997) na parte superior da palinozona *Sergipea variverrucata* (P-270), e as formas-guias encontram-se na Tabela 2.

Neste trabalho iremos adotar a idade meso a neo-aptiana atribuída por Arai *et al.* (1997) e Neumann (1999) para a Membro Crato. Segundo a escala de tempo proposta na reunião da Comissão Internacional de Estratigrafia em 2004 e Gvirtzman *et al.* (1996), a idade aptiana corresponde ao intervalo de tempo entre 125m.a. a 112m.a. \pm 1m.a.

Tabela 2 - Zoneamento palinoestratigráfico dos estratos Jurássico e Cretáceo da Bacia do Araripe mostrando os principais taxa de palinomorfos (ARAI *et al.*, 1997)

DOM JORDO	KTO da Serra	Alagoas (Apuaruto)	Alagoas (Adriano-Apuaruto)	IDADE
<i>Leptolepidites</i> ssp.	<i>Dicheiropollis etruscus</i>	<i>Sergipea variverrucata</i> (P-270)	<i>Cicatricosisporites avimelechi</i>	PALINOZANAS
				<i>Densoisporites perinatius</i>
				<i>Dicheiropollis</i> sp. A
				<i>Leptolepidites major</i>
				<i>Leptolepidites</i> sp.
				<i>Raiswickia</i> sp.
				<i>Podocarpidites</i> sp.
				<i>Vitreisporites pallidus</i>
				<i>Cedripites</i> sp.
				<i>Concavosporites</i> sp.
				<i>Aequitriradites</i> sp.
				<i>Dicheiropollis etruscus</i>
				<i>Pilososporites</i> sp.
				<i>Cicatricosisporites microstriatus</i>
				<i>Sergipea variverrucata</i>
				<i>Spiniferites multibrevis seghiris</i>
				<i>Subtilisphaera scabrata</i>
				<i>Exesipollenites namulus</i>
				<i>Peneirepites</i> sp.
				<i>Sergipea simplex</i>
				<i>Steevespollenites capitiformis</i>
				<i>Striatocolpites reticulatus</i>
				<i>Vitreisporites pustulosus</i>
				<i>Classopollis classoides</i>
				<i>Eucommidites</i> sp.
				<i>Klukisporites</i> sp.
				<i>Sergipea</i> sp.
				<i>Araucariacites australis</i>
				<i>Callialasporites dampieri</i>
				<i>Callialasporites trilobatus</i>
				<i>Afropis</i> ssp.
				<i>Cicatricosisporites avimelechi</i>
				<i>Gnetaceapollenites jansonii</i>
				<i>Paludites mamelonatus</i>
				<i>Crybelosporites pamuceus</i>
				<i>Tricolpites</i> sp.
				<i>Sergipea naviformis</i>
				<i>Stellatopollis</i> sp.

2.1.4.2.2. Membro Ipubi

É constituído por fácies evaporíticas descontínuas e depósitos de gipsita ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) e anidrita (CaSO_4), de até 20m de espessura, intercalados com lutitos escuros (NEUMANN, 1999 e NEUMANN e CABRERA, 1999). Silva (1983) e Maisey (1991) propõem uma origem lacustre para estes depósitos e Silva (2003) os considera pertencentes as fácies evaporíticas do sistema lacustre Apatiano-Albiano. Atribui-se uma idade cretácea inferior (NEUMANN, 1999 e NEUMANN e CABRERA, 1999).

Seu reconhecimento no campo e em poços é difícil, tendo em vista a descontinuidade das camadas e a dificuldade em se estabelecer os limites do Membro quando os evaporitos não estão presentes (ASSINE, 2007).

Todo o conjunto tem, em média, uma espessura de 30 metros. Trata-se da unidade de maior interesse econômico na Bacia do Araripe.

A Paleofauna do Membro Ipubí é caracterizada pela presença de ostracodes, conchostráceos, peixes do gênero *Vinctifer*, restos de Cassiopídeos, equinídeos e lamelibrâquios (SOUSA FILHO, 2011).

2.1.4.2.3. Membro Romualdo

O Membro Romualdo é a unidade superior da Formação Santana e é composto por folhelhos e margas fossilíferos cinza-esverdeados, onde ocorre um horizonte intercalado rico em concreções carbonáticas de dimensões variadas.

Os exemplares fósseis desta unidade se destacam pela preservação excepcional (KELLNER, 2002) e são pertencentes a diferentes grupos taxonômicos, como folhas e troncos de gimnospermas e angiospermas (SARAIVA *et al.*, 2003; LIMA *et al.*, 2012); Gastrópodes (BEURLIN, 1964); Crustáceos (MARTINS-NETO, 1987; PINHEIRO *et al.*, 2013); Conchostraceos (CARVALHO e VIANA, 1993); Ostracoides (CARMO *et al.*, 2004) e, especialmente, vertebrados: *Chondrichthyes Actinopterygii* (AGASSIZ, 1841; BRITO e FERREIRA, 1989); Testudines (HIRAYAMA, 1998; OLIVEIRA e KELLNER, 2005); Dinosauria (KELLNER, 1999; KELLNER e CAMPOS, 1996; MARTILL *et al.*, 1996, NAISH *et al.*, 2004); Pterosauria (KELLNER, 1984; KELLNER e TOMIDA, 2000; WELLNHOFER, 1985; WITTON, 2009; BANTIM *et al.*, 2014); Crocodilia (PRICE, 1959; KELLNER, 1987). Além disso, destaca-se um único exemplar de inseto fóssil descrito para esta unidade litoestratigráfica (FREITAS *et al.*, 2016).

É constituída por lutitos laminados de cor cinza-verde com níveis de concreções carbonáticas (ictiólitos), calcários, arenitos finos e raros níveis de lutitos pirobetuminosos (NEUMANN, 1999 e NEUMANN e CABRERA, 1999).

Nesta unidade foram registrados fósseis de vegetais (fragmentos de troncos carbonizados e impressões piritizadas de folhas de angiospermas mal preservadas segundo VIANA, 1990), dinoflagelados, ostracodes, decapodos, branchiopodos, malacostracos (SANTOS e VALENÇA, 1968 *apud* NEUMANN, 1999; MABESSONE e TINOCO, 1973 *apud* NEUMANN, 1999), moluscos (BEURLEN, 1963 *apud* NEUMANN, 1999), equinóides (BEURLEN, 1962 *apud* NEUMANN, 1999, OLIVEIRA *et al.*, 1979; MARTILL, 1993; SALES, 2005), peixes, crocodilomorfos, pterosaurios e quelônios. Muitas das concreções carbonáticas contém restos de peixes chondrichthyes e osteichthyes actinoptérígios e sarcopterígios de excelente preservação, apresentando-se em 3D, e coprólitos atribuídos a excrementos de peixes e répteis (VIANA, 1990; SILVA, 2004).

Ainda existem controvérsias sobre o ambiente deposicional do Membro Romualdo, devido, principalmente, a falta de controle estratigráfico e informações sobre a procedência geográfica dos fósseis até agora coletados, como destacam Fara *et al.* (2005). Alguns autores sugeriram um ambiente marinho litorâneo, inicialmente hipersalino (CAVALCANTI e VIANA, 1992; VIANA, 1990 e PONTE, 1992), outros propuseram um ambiente misto, conectado pôr um lado com o mar e por outro, grande aporte de água doce (MABESOONE e TINOCO, 1973 *apud* NEUMANN, 1999). Os peixes não são determinantes, pois apresentam origem marinha e de água doce (MAISEY, 1991).

A presença de equinóides atestam, de forma inquestionável, a influência marinha ao término da deposição da Membro Romualdo (BEURLEN, 1962 *apud* NEUMANN, 1999, OLIVEIRA *et al.*, 1979; MAISEY, 1991; MARTILL, 1993 e SALES, 2005).

Esta unidade está enquadrada no Andar Alagoas, provavelmente Cretáceo Inferior (VIANA, 1990; NEUMANN, 1999 e NEUMANN e CABRERA, 1999).

2.1.5. Formação Arajara (PONTE e APPI, 1990)

As rochas sedimentares da Formação Arajara afloram por toda a extensão da bacia, bordejando o sopé da escarpa da chapada do Araripe e são característicos de ambientes lagunares e marinhos litorâneos.

Iconofósseis dos icnogêneros *Skolithos* e *Taenidium* (FERNANDES *et al.*, 1998) e palinomorfos (LIMA, 1978a) são descritos para esta unidade.

2.1.6. Formação Exu (BEURLEN, 1963)

A Formação Exu é composta por uma sequência monótona de arenitos vermelhos friáveis, argilosos, em geral caulínicos, de granulometria variável, contendo leitos intercalados de arenitos grosseiros a conglomeráticos. Podendo apresentar-se bastante silicificada em alguns locais. Constitui uma capa contínua em toda a extensão da Chapada.

Todo o conjunto repousa discordantemente sobre a Formação Arajara, constituindo bancos grossos acamadados, com estratificações cruzadas, evidenciando litofácies típicas de depósitos fluviais (AGUIAR *et al.*, 2006).

Um único fóssil (de pterossauro) é atribuído a esta formação (MARTILL, 2008).

2.1.7. Estágio Atual do conhecimento sobre a Paleoentomofauna da Formação Santana

Em um contexto geral, os grupos mais ricos em espécies de insetos são as ordens Coleoptera (besouros), Hymenoptera (formigas, vespas e abelhas), Diptera (mosquitos e moscas) e Lepidoptera (mariposas e borboletas) (BECHLY, 2007a).

Utilizando análises filogenéticas de todas as ordens de insetos atuais, Misof *et al.* (2014), colocam o surgimento dos insetos no Ordoviciano Inferior (~ 479 Ma). Segundo estes autores, a capacidade de vôo dos insetos, teria surgido no Devoniano Superior (~ 406 Ma), principais linhagens existentes no Mississippiano (~ 345 Ma), e da diversificação principal de insetos holometábolos teria ocorrido no Cretáceo inferior (Figura 2.1.4).

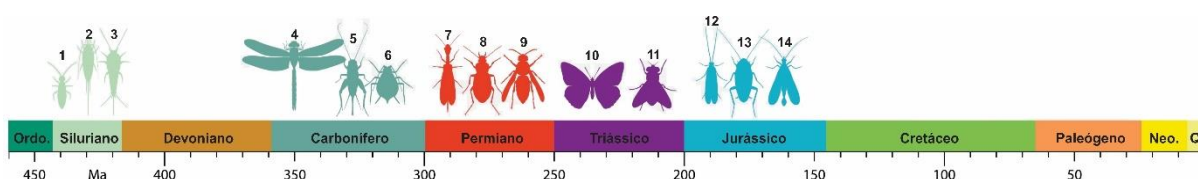


Figura 2.1.4 – Datação do surgimento das principais ordens de insetos com base em relações filogenéticas. 1 - Protura; 2 - Archaeognatha; 3 - Zygentoma; 4 - Odonata; 5 - Orthoptera; 6 - Hemiptera; 7 - Raphidioptera; 8 - Coleoptera; 9 - Hymenoptera; 10 - Lepidoptera; 11 - Diptera; 12 - Neuroptera; 13 - Blattoptera (baratas atuais); 14 - Mecoptera. Ordo. = Ordoviciano; Neo. = Neógeno; Q. = Quaternário. Fonte: Modificado de Misof *et al.* (2014).

A classificação dos insetos adotada abaixo (Sub-Classe e Ordens) segue as orientações da *Royal Entomological Society* (2018).

Pterygota

➤ Sub-Classe Palaeoptera

Os Palaeopteras são insetos sem a capacidade de dobrar suas asas sobre o abdômen.

Ordem Odonata:

Tabela 3 – Famílias e espécies da Ordem Odonata descritas para o Membro Crato.

FAMÍLIA	ESPÉCIE
Araripegomphidae	<i>Araripegomphus cretacicus</i> Nel e Paicheller, 1994a <i>Araripegomphus andreneli</i> Bechly, 1998 <i>Araripegomphus hanseggeri</i> Bechly, 2000
Lindeniidae	<i>Cratolindenia knuepfae</i> Bechly, 2000
Araripelibellulidae	<i>Araripelibellula martinsnetoi</i> Nel e Paicheller, 1994b <i>Cratocordulia borschkeiwitzi</i> Bechly, 1998
Araripephlebiidae	<i>Araripephlebia mirabilis</i> Bechly, 1998
Aeschnidiidae	<i>Leptaeschnidium araripina</i> Fleck e Nel, 2003
Cretapetaluridae	<i>Cretapetalura brasiliensis</i> Nel, Bechly, Jarzembowski e Delclòs, 1998 <i>Eotanypteryx paradoxa</i> Bechly, 2007b <i>Cratapetalura petruleviciusi</i> Nel e Bechly, 2009
Stenophlebiidae	<i>Cratostenophlebia schwickerti</i> Bechly, 2007b
Araripechlorogomphidae	<i>Araripechlorogomphus muratai</i> Bechly e Ueda, 2002
Aeschnidiidae	<i>Nothomacromia sensibilis</i> (Carle e Wighton, 1990); sinônimo júnior <i>Conan barbarica</i> Martins-Neto, 1998b
Proterogomphidae	<i>Cordulagomphus fenestralis</i> Carle e Wighton, 1990 <i>Cordulagomphus tuberculatus</i> Carle e Wighton, 1990 <i>Gomphaeschnoides obliquus</i> (Carle e Wighton, 1990) <i>Gomphaeschnoides petersi</i> Bechly, Nel, Delclòs, Jarzembowski, Coram, Martill, Fleck, Escuillié, Wisshak e Maisch, 2001 <i>Procorduligomphus xavieri</i> Nel e Escuillié, 1994 <i>Procorduligomphus senckenbergi</i> Bechly, 1998 <i>(Procorduligomphus) michaeli</i> Bechly, 2007b <i>Cordulagomphus winkelhoferi</i> Bechly, 2007b <i>Cordulagomphus hanneloreae</i> Bechly, 2007b <i>Paracordulagomphus aberrans</i> Bechly, 2010 <i>Cratogomphus erraticus</i> Bechly, 2010 <i>Paracordulagomphus divergens</i> Bechly, 2010 <i>Pauciphlebia novaolindense</i> Bechly, 2010
Euarchistigmatidae	<i>Parahemiphlebia cretatica</i> Jarzembowski, Delclòs, Bechly, Nel, Coram e Escuillié, 1998
Hemiphlebiidae	<i>Eoprotoneura hyperstigma</i> Carle e Wighton, 1990 <i>Euarchistigma atrophium</i> Carle e Wighton, 1990 <i>Cretarchistigma essewini</i> Bechly, 1998 <i>Parahemiphlebia mickoleiti</i> Bechly, 1998

	<i>Parahemiphlebia cretácica</i> Jarzembowski, Delclòs, Bechly, Nel, Coram e Escuillié, 1998
Aeschnidae	<i>Notomacromia sensibilis</i> Carle e Wighton, 1990 <i>Santanoptera gabbotti</i> Martill e Nel, 1996
Liupanshaniidae	<i>Wightonia araripina</i> Carle e Wighton, 1990 <i>Araripeliupanshania annesusae</i> Bechly, Nel, Delclòs, Jarzembowski, Coram, Martill, Fleck e Maisch, 2001 <i>Paramesuropetala gigantea</i> Bechly, Nel, Delclòs, Jarzembowski, Coram, Martill, Fleck e Maisch, 2001 <i>Paramesuropetala gigantea</i> Bechly, Nel, Declòs, Jarzembowski, Coram, Martill, Fleck, Escuillié, Wisshak e Maisch, 2001 <i>Araripeliupanshania annesuseae</i> Bechly, Nel, Declòs, Jarzembowski, Coram, Martill, Fleck, Escuillié, Wisshak e Maisch, 2001
Hageniidae	<i>Cratohagenius erichweberi</i> Bechly, 2010
Cretopetaliidae	<i>Cratopetalia whiteheadi</i> Bechly, 2010
Thaumatoneuridae	<i>Euarchistigma peterknobli</i> Bechly, 2010 <i>Euarchistigma marialuiseae</i> Bechly, 2007b
Magnathemidae	<i>Magnathemis marcusthorhalli</i> Bechly, 2010
Megaphlebiidae	<i>Megaphlebia rayandressi</i> Bechly, 2010
Mesuropetalidae	<i>Paraeschnopsis braziliensis</i> Bechly, 2010
-	<i>Santanagrion longipes</i> Bechly, 2010
Gomphaeschnidae	<i>Progomphaeschnaoides staniczeki</i> Bechly, Nel, Declòs, Jarzembowski, Coram, Martill, Fleck, Escuillié, Wisshak e Maisch, 2001 <i>Anomalaeschuna berndschusteri</i> Bechly, Nel, Declòs, Jarzembowski, Coram, Martill, Fleck, Escuillié, Wisshak e Maisch, 2001 <i>Progomphaeschnaoides ursulae</i> Bechly, Nel, Declòs, Jarzembowski, Coram, Martill, Fleck, Escuillié, Wisshak e Maisch, 2001 <i>Gomphaeschnaoides betoreti</i> Bechly, Nel, Declòs, Jarzembowski, Coram, Martill, Fleck, Escuillié, Wisshak e Maisch, 2001 <i>Gomphaeschnaoides magnus</i> Bechly, Nel, Declòs, Jarzembowski, Coram, Martill, Fleck, Escuillié, Wisshak e Maisch, 2001 <i>Gomphaeschnaoides oblicua</i> Bechly, Nel, Declòs, Jarzembowski, Coram, Martill, Fleck, Escuillié, Wisshak e Maisch, 2001 <i>Gomphaeschnaoides petersi</i> Bechly, Nel, Declòs, Jarzembowski, Coram, Martill, Fleck, Escuillié, Wisshak e Maisch, 2001 <i>Gomphaeschnaoides obliquus</i> Wighton, 1987

	<i>Paramorbaeschna araripensis</i> Bechly, Nel, Declòs, Jarzembowski, Coram, Martill, Fleck, Escuillié, Wisshak e Maisch, 2001
--	--

Fonte: Modificado de Moura-Junior *et al.* (2018).

Ordem Ephemeroptera:

Tabela 4 – Famílias e espécies da Ordem Ephemeroptera descritas para o Membro Crato.

FAMÍLIA	ESPÉCIE
Hexagenitidae	<i>Cratogenites corradinae</i> Martins-Neto, 1996
	<i>Cratogenitoides Delclòsi</i> Martins-Neto, 1996
	<i>Protoligoneuria limai</i> Demoulin, 1955
	<i>Paleobaetodes costalimai</i> Brito, 1987b
	<i>Paleobaetodes britoi</i> Martins-Neto, 1996
	<i>Cratohexagenites longicercus</i> Staniczek, 2007
	<i>Cratohexagenites minor</i> Staniczek, 2007
Siphonuridae	<i>Costalimella nordestina</i> Martins-Neto, 1996
	<i>Costalimella zucchini</i> Zamboni, 2001
	<i>Siphondwanus occidentalis</i> McCafferty, 1990
Euthyplociidae	<i>Pristiplocia rupestris</i> McCafferty, 1990
Oligoneuriidae	<i>Colocrus magnum</i> Staniczek, 2007
	<i>Colocrus indivicum</i> McCafferty, 1990
Potamanthidae	<i>Olindinella gracilis</i> Martins-Neto e Caldas, 1990
Polymitarciidae	<i>Caririnympha mandibulata</i> Martins-Neto e Caldas, 1990
Ephemeridae	<i>Cratonympha microcelata</i> Martins-Neto e Caldas, 1990
	<i>Australephemera revelata</i> McCafferty, 1990
	<i>Microephemera neotropica</i> McCafferty, 1990
-	<i>Caririephemera marquesi</i> Zamboni, 2001
-	<i>Cretereisma antiqua</i> Willmann, 2007
-	<i>Cretereisma schwickertorum</i> Willmann, 2007
Mickoleitiidae	<i>Mickoleitia longimannus</i> Staniczek, Bechly e Godunko, 2011
Baetiscidae	<i>Protobaetisca bechlyi</i> Staniczek, 2007
-	<i>Caririephemera marquesi</i> Zamboni, 2001

Fonte: Modificado de Moura-Junior *et al.* (2018).

➤ Sub-Classe Polyneoptera

Polyneoptera constitui um grupo de insetos alados que têm a capacidade de flexionar suas asas para que possam ser dobrados sobre o corpo.

Ordem Orthoptera (gafanhotos, grilos e esperanças)

Tabela 5 – Famílias e espécies da Ordem Orthoptera descritas para os Membros Crato e Romualdo.

FAMÍLIA	ESPÉCIE
Baissogryllidae	<p><i>Caririgryllus elongatus</i> Martins-Neto, 1991b <i>Caririgryllus pilosus</i> Martins-Neto, 1991b <i>Caririgryllus arthaudi</i> Martins-Neto, 1991b <i>Caririgryllus mesai</i> Martins-Neto, 1991b <i>Caririgryllus brevipterus</i> Martins-Neto, 2002</p> <p><i>Cearagryllus gorochovi</i> Martins-Neto, 1991a <i>Santanagryllus hesselae</i> Martins-Neto, 1991b <i>Castillogryllus complicatus</i> Martins-Neto, 1995b <i>Notocearagryllus dutrae</i> Martins-Neto, 1998a <i>Notocearagryllus arturandradae</i> Martins-Neto e Tassi, 2009 <i>Allocearagryllus leipnitzii</i> (Martins-Neto, 2002); sinônimo <i>Notocearagryllus leipnitzii</i> (q.v. Martins-Neto e Tassi, 2009) <i>Olindagryllus obliteratedus</i> Martins-Neto, 1998a <i>Olindagryllus rotundus</i> Martins-Neto, 1998a <i>Cearagrylloides microcephalus</i> (Martins-Neto, 1991b); sinônimo <i>Cearagryllus microcephalus</i> (q.v. Martins-Neto e Tassi, 2009) <i>Cearagrylloides perforatorius</i> (Martins-Neto, 1991b); sinônimo <i>Cearagryllus perforatorius</i> (q.v. Martins-Neto e Tassi, 2009) <i>Cearagrylloides previstus</i> (Martins-Neto, 1999a); sinônimo <i>Cearagryllus previstus</i> (q.v. Martins-Neto e Tassi, 2009) <i>Cryptocearagryllus revelatus</i> (Martins-Neto, 1999a); sinônimo <i>Cearagryllus revelatus</i> (q.v. Martins-Neto e Tassi, 2009) <i>Cearagryllus poliacanthus</i> (Martins-Neto, 1991b); sinônimo <i>Paracearagryllus poliacanthus</i> (q.v. Martins-Neto e Tassi, 2009) <i>Cearagryllus robustus</i> Martins-Neto, 1991b <i>Cearagryllus monstruosos</i> Martins-Neto, 1991b</p>
Gryllidae	<p><i>Araripegryllus camposae</i> Martins-Neto, 1987b <i>Araripegryllus femininus</i> Martins-Neto, 1991b <i>Araripegryllus marianoii</i> Martins-Neto, 1991b <i>Araripegryllus nanus</i> Martins-Neto, 1991b <i>Araripegryllus serrilhatius</i> Martins-Neto, 1991b <i>Araripegryllus spinosus</i> Martins-Neto, 1991b <i>Brontogryllus excelsus</i> Martins-Neto, 1991b <i>Cratogryllus guimaraesae</i> Martins-Neto, 1991b <i>Cratogryllus pentagonalis</i> Martins-Neto, 1991b <i>Cratogryllus ciguelli</i> Martins-Neto, 1991b <i>Araripegryllus romualdoi</i> Freitas, Moura e Saraiva, 2016</p>
Gryllotalpidae	<p><i>Archaeogryllotalpoides ornatus</i> Martins-Neto, 1991b <i>Palaeoscapteriscopsis cretacea</i> Martins-Neto, 1991b <i>Cratotetraspinus fossorius</i> (Martins-Neto, 1995b)</p>
Hagloidea	<p><i>Cratohagloopsis santanaensis</i> Martins-Neto, 1991b <i>Kevania araripensis</i> Martins-Neto, 1991b</p>

Elcanidae	<i>Cratoelcana damianii</i> Martins-Neto, 1991b <i>Cratoelcana zessini</i> Martins-Neto, 1991b
Locustopsidae	<i>Cratozeunerella neotropica</i> Martins-Neto, 1998a <i>Cratozeunerella amedegnatoi</i> Martins-Neto, 1998a <i>Cratozeunerella nordestina</i> Martins-Neto, 1998a <i>Cratozeunerella godoi</i> Martins-Neto, 2003 <i>Cratozeunerella nervosa</i> Martins-Neto, 2003 <i>Cratozeunerella soaresi</i> Martins-Neto, 2003 <i>Cratozeunerella titanella</i> Martins-Neto, 2003 <i>Cratolocustopsis cretacea</i> (Martins-Neto, 1990c); sinônimo <i>Locustopsis cretacea</i> (q.v. Martins-Neto, 2003) <i>Cratolocustopsis araripensis</i> (Martins-Neto, 1990c); sinônimo <i>Locustopsis araripensis</i> (q.v. Martins-Neto, 2003) <i>Cratolocustopsis contumax</i> Martins-Neto, 2003 <i>Zesinia pulcherrima</i> Martins-Neto, 1990c <i>Zesinia caririensis</i> Martins-Neto, 1990c <i>Zesinia reticulata</i> Martins-Neto, 1990c <i>Zesinia petruleviciusi</i> Martins-Neto, 2003 <i>Zesinia vikingi</i> Martins-Neto, 2003 <i>Locustrix gallegoi</i> Martins-Neto, 2003 <i>Locustrix audax</i> Martins-Neto, 2003
Bouretidae	<i>Bouretia elegans</i> Martins-Neto, 2001b
Araripelocustopsidae	<i>Araripelocusta longinota</i> Martins-Neto, 1995a <i>Araripelocusta brevis</i> Martins-Neto, 1995a
Tridactylidae	<i>Cratodactylus ferreirai</i> Martins-Neto, 1990d <i>Cratodactylus kellneri</i> Martins-Neto, 1990d
Proscopiidae	<i>Eoproscopia martilli</i> Heads, 2008

Fonte: Modificado de Moura-Junior *et al.* (2018).

Ordem Phasmida (?)

Um único fóssil de Phasmida é atribuído ao Membro Crato da Formação Santana (Heads e Martins- Neto, 2007), descrito com base em uma única asa (Figura 2.1.5).

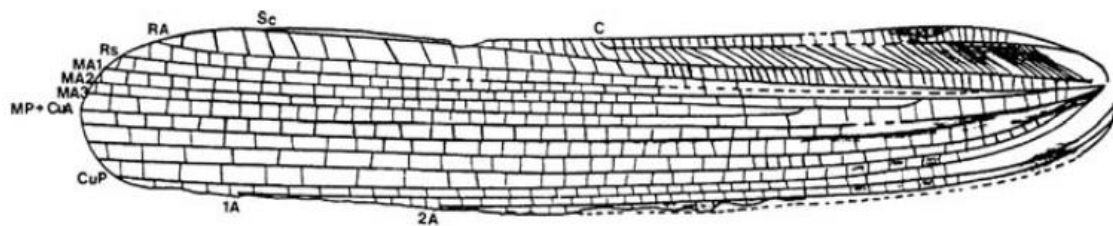


Figura 2.1.5 – Phasmida(?), Aerophasmatidae, Cretophasmatinae: *Cretophasma araripensis*, holotype GP/IT-1623, forewing.

Fonte: Heads e Martins- Neto, 2007.

Ordem Dermaptera (“tesourinhas”)

Tabela 6 – Famílias e espécies da Ordem Dermaptera descritas para o Membro Crato.

FAMÍLIA	ESPÉCIE
Labiidae	<i>Araripelebia costae</i> Martins-Neto, 1990b
	<i>Caririlabia brandaoi</i> Martins-Neto, 1990b; sinônimo <i>Cordulagomphus santanensis</i> Carle e Wighton 1990 (q.v. Hass, 2007)
Anisolabididae	<i>Kotejalabis goethitica</i> Engel e Chatzimanolis, 2005
	<i>Cratoborellia gorbi</i> Hass, 2007
	<i>Caririlabia berghoffi</i> Hass, 2007
Spongiphoridae	<i>Kotejalabis haeuseri</i> Hass, 2007
	<i>Cretolabia cearae</i> Popham 1990; sinônimo <i>Araripelebia costae</i> Martins-Neto, 1990b (q.v. Hass, 2007)

Fonte: Modificado de Moura-Junior *et al.* (2018).

Ordem Dictyoptera (Baratas, Cupins e Mantídeos)

Tabela 7 – Famílias e espécies da Ordem Dictyoptera descritas para o Membro Crato.

SUB-ORDEM	FAMÍLIA	ESPÉCIE
Isoptera	Hodotermitidae	<i>Meiatermes araripena</i> Krishna, 1990
		<i>Cretatermes pererai</i> Fontes e Vulcano, 1998
		<i>Maricotermes telicei</i> Fontes e Vulcano, 1998
		<i>Araripetermes nativa</i> Martins-Neto, Ribeiro-Júnior e Prezoto, 2006
		<i>Caatingatermes megacephalus</i> Martins-Neto, Ribeiro-Júnior e Prezoto, 2006
		<i>Nordestinatermes obesa</i> Martins-Neto, Ribeiro-Júnior e Prezoto, 2006
	-	<i>Meiatermes hariolus</i> Grimaldi, Engel e Krishima, 2008
	Mastotermitidae	<i>Cratomastotermes wolfschwenningeri</i> Bechly, 2007c
	Termopsidae	<i>Nordestinatermes araripena</i> Krishna, 1990
	Kalotermitidae	<i>Cratokalotermes santanensis</i> Bechly, 2007c
Rhinotermitidae	<i>Cretarhinotermes novaolindense</i> Bechly, 2007	
Mantodea	<i>incertae sedis</i>	<i>Santanmantis axelrodi</i> Grimaldi, 2003
	Chaeteessidae	<i>Cretophotina santanensis</i> Lee, 2014
Blattodea	Mesoblattinidae	<i>Mesoblattinopsis schneideri</i> Pinto, 1989
		<i>Piniblattella limai</i> Pinto e Purper, 1986
	Pronopterixidae	<i>Ponopterix axelrodi</i> Vršanský e Grimaldi, 1999
		<i>Ponopterix maxima</i> Bechly, 2007b
	Umenocoleidae	<i>Umenopterix burkhardi</i> Nel, Prokop e Kirejtshuk, 2014
Blattulidae	<i>Elisama brevis</i> (Mendes, 2000); sinônimos <i>Araripeblattula brevis</i> , <i>Blattulopsis beckeri</i> Mendes, 2000; <i>Araripeblattula beckeri</i> , <i>Elisama americana</i>	

		<i>Vršanský, 2002, Araripeblatta cesae</i> Martins-Neto <i>et al.</i> , 2010 (q.v. Lee, 2016) <i>Elisama hindwingnii</i> Lee, 2016
Blattidae		<i>Mesoblattelina cretacea</i> Mendes, 2000
		<i>Mesoblattina fiuza</i> Mendes, 2000
		<i>Mesoblattina damianii</i> Mendes, 2000
		<i>Mesoblattina matinsnetoi</i> Mendes, 2000
		<i>Mesoblattina souzai</i> Mendes, 2011
		<i>Mesoblattina labandeirai</i> Mendes, 2011
		<i>Mesoblattinopsis candidoi</i> Mendes, 2000
		<i>Mesoblattinopsis natani</i> Mendes, 2000
		<i>Araripeblatta oliveirai</i> Mendes e Coelho, 2007
		<i>Araripeblatta bolzoni</i> Mendes e Coelho, 2007
		<i>Araripeblatta toledo</i> Mendes e Coelho, 2007
		<i>Araripeblatta dornellesi</i> Mendes e Coelho, 2007
		<i>Araripeblatta simplex</i> Mendes e Coelho, 2007
	<i>Araripeblatta barberenai</i> Mendes, 2011	
Cratovitismidae		<i>Cratovitisma oldreadi</i> Bechly, 2007b

Fonte: Modificado de Moura-Junior *et al.* (2018).

➤ Sub-Classe Paraneoptera

Ordem Hemiptera

Tabela 8 – Famílias e espécies da Ordem Hemiptera descritas para o Membro Crato.

FAMÍLIA	ESPÉCIE
Achilidae	<i>Acixiites costalis</i> Hamilton, 1990
Lalacidae	<i>Lalax mutabilis</i> Hamilton, 1990
	<i>Ancorale flaccidum</i> Hamilton, 1990
	<i>Ancorale aeschmon</i> Hamilton, 1990
	<i>Protodelphax chamus</i> Hamilton, 1990
	<i>Protodelphax macrocephalus</i> Hamilton, 1990
	<i>Protodelphax rhinion</i> Hamilton, 1990
	<i>Protodelphax miles</i> Hamilton, 1990
	<i>Vulcanoia membranosa</i> Martins-Neto, 1988b
	<i>Vulcanoia apicalis</i> Hamilton, 1990
	<i>Vulcanoia acuceps</i> Hamilton, 1990
	<i>Patulopes myndoides</i> Hamilton, 1990
	<i>Patulopsis setosa</i> Hamilton, 1990
	<i>Psestocixius delphax</i> Hamilton, 1990
<i>Psestocixius fuscus</i> Hamilton, 1990	
<i>Acixiites immodesta</i> Hamilton, 1990	
Cicindellidae	<i>Hallex laticeps</i> Hamilton, 1990
	<i>Hallex xestocephalus</i> Hamilton, 1990

	<i>Hallex brevipes</i> Hamilton, 1990 <i>Hallex gracilior</i> Hamilton, 1990 <i>Hallex gongrogony</i> Hamilton, 1990 <i>Ovojassus concavifex</i> Hamilton, 1990 <i>Ovojassus minor</i> Hamilton, 1990
Jascopidae	<i>Proerrhomus rugosus</i> Hamilton, 1990 <i>Paracarsonus aphrodoides</i> Hamilton, 1990 <i>Platyjassites inflatifrons</i> Hamilton, 1990 <i>Jascopus notabilis</i> Hamilton, 1990
Boreoscytidae	<i>Megaleurodes megacellata</i> Hamilton, 1990
Cercopionidae	<i>Cercopion reticulata</i> Hamilton, 1990
Cicadosprobolidae	<i>Architettix compacta</i> Hamilton, 1990 <i>Carpopodus difficilis</i> Hamilton, 1990 <i>Kinnarocixius guassus</i> Hamilton, 1990
Paleontinidae	<i>Parawonnacotella araripensis</i> Ueda, 1997 <i>Cratocossus magnus</i> Martins-Neto, 1998d <i>Baeocossus finchae</i> Menon, Heads e Martill, 2005 <i>Baeocossus fortunatus</i> Menon, Heads e Martill, 2005 <i>Baeocossus giganticus</i> Menon e Heads, 2007 <i>Colossocossus bechley</i> Menon, Heads e Martill, 2005 <i>Colossocossus loveridgei</i> Menon, Heads e Martill, 2005 <i>Colossocossus rugosa</i> Menon, Heads e Martill, 2005 <i>Parawonnacottella penneyi</i> Menon, Heads e Martill, 2005
Tettigarctidae	<i>Tettagalma striata</i> Menon, Heads e Martill, 2005
Cixiidae	<i>Cretofennahia cretacea</i> (MARTINS-NETO, 1988b); sinônimo <i>Fennahia cretacea</i> (q.v. Martins-Neto e Szvedo, 2007)
Belostomatidae	<i>Araripebelostomum martinsnetoi</i> Nel e Paichler, 1992 <i>Neponymphes godoi</i> Zamboni, 2001
Naucoridae	<i>Cratocora crassa</i> Ruf, Goodwyn e Martins-Neto, 2005 <i>Cratopelocoris carpintero</i> Ruf, Goodwyn e Martins-Neto, 2005
Gelastocoridae	<i>Cratonerthra corinthiana</i> Ruf, Goodwyn e Martins-Neto, 2005 <i>Cratonerthra estevezae</i> Ruf, Goodwyn e Martins-Neto, 2005 <i>Pseudonerthra gigantea</i> Ruf, Goodwyn e Martins-Neto, 2005 <i>Cratonepa enigmatica</i> Jattiot, Bechly, Garrouste e Nel, 2012
Hydrometridae	<i>Cretaceometra brasiliensis</i> Nel e Popov, 2000 <i>Incertametra santanensis</i> Goodwyn, 2002

Fonte: Modificado de Moura-Junior *et al.* (2018).

➤ **Sub-Classe Endopterygota**

Nesta Sub-Classe, as larvas diferem dos adultos e sofrem metamorfose em uma pupa onde as asas se desenvolvem internamente.

Ordem Coleoptera

Tabela 9 – Famílias e espécies da Ordem Coleoptera descritas para o Membro Crato.

FAMÍLIA	ESPÉCIE
Staphilinidae	<i>Caririderma pilosa</i> Martins-Neto, 1990
	<i>Apticax volans</i> Schomann e Solodovnikov, 2012
	<i>Apticax solidus</i> Schomann e Solodovnikov, 2012
Pirochoidae	<i>Cretaceomelittomoides araripensis</i> Vulcano, 1987
Brentidae	<i>Axelrodiellus ruptus</i> Zherichin e Gratshev, 2004
Nemonychidae	<i>Cratomacer ephippiger</i> Zherichin e Gratshev, 2004
	<i>Cratomacer immerses</i> Zherichin e Gratshev, 2004
	<i>Cratonemonyx martinsnetoi</i> Gratshev e Legalov, 2014
Belidae	<i>Davidibelus cearensis</i> Zherichin e Gratshev, 2004
Eccoarthridae	<i>Martinsnetoa dubia</i> Zherichin e Gratshev, 2004
Cicindelidae	<i>Oxycheilopsis cretacicus</i> Cassola e Werner, 2004
Curculionidae	<i>Arariperhinus monnei</i> Santos, Mermudes e Fonseca, 2011
Lymexylidae	<i>Cratoatractocerus grimaldii</i> Wolf, 2011

Fonte: Moura-Junior *et al.* (2018).

Ordem Diptera

Tabela 10 – Famílias e espécies da Ordem Diptera descritas para o Membro Crato.

FAMÍLIA	ESPÉCIE
Asilidae	<i>Araripogon axelrodi</i> Grimaldi, 1990
Tabanidae	<i>Cratotabanus stonemyomorphus</i> Martins-Neto e Kucera-Santos, 1994
Ptychopteridae	<i>Eoptychoptera braziliana</i> Krzeminski, Kania e Lukashovich, 2015
Psychodidae	<i>Megapsychoda araripina</i> Azar e Nel, 2002
Tipulidae	<i>Cratotipula latialata</i> Ribeiro e Martins-Neto, 1999
	<i>Okrenomyia araripensis</i> Ribeiro e Krzeminski, 2000
	<i>Leptotarsus grimaldii</i> Ribeiro e Lukashenich, 2014
	<i>Leptotarsus martinsnetoi</i> Ribeiro e Lukashenich, 2014
	<i>Leptotarsus cretaceous</i> Ribeiro e Lukashenich, 2014
	<i>Leptotarsus lucashevichae</i> Ribeiro, Santos e Nicolau, 2015

Ordem Hymenoptera

Os Hymenopteras são uma das mais diversificadas ordens de insetos. Representam cerca de 4% dos insetos preservados no Membro Crato da Formação Santana (OSTEN, 2007). Caracterizam-se por venações da asa empobrecida (veias mais simples, excluindo raras ramificação de SC e RS bifurcação (asas anteriores), pterostigma celular perdido ou grosso, M fundido com Cu sub basalmente, presença de hamuli nas asas traseiras, e a presença de um esporão protibial com velum (RASNITSYN, 2002; GRIMALDI e ENGEL, 2005; BARLING *et al.*, 2013).

Há atualmente treze espécies descritas pertencentes a onze famílias. †Sepulcidae e Tenthredinoidea (Família *Insertae sedis*) são os representantes grupo dos Symphyta.

Tabela 11 – Famílias e espécies da Ordem Himenoptera descritas para o Membro Crato.

FAMÍLIA	ESPÉCIE
Formicidae (?)	<i>Cariridres bipetiolata</i> Brandão, Martins-Neto e Vulcano, 1989
Scoliidae	<i>Cretaproscolia josai</i> Rasnitsyn e Delclòs, 1999
	<i>Cretoscolia brasiliensis</i> Osten, 2007
Tiphidae	<i>Architipia rasnitsyni</i> Darling e Sharkey, 1990
Sphecidae	<i>Cretosphex magnus</i> Darling e Sharkey, 1990
	<i>Cretosphex parvus</i> Darling e Sharkey, 1990
† Ephialtitidae	<i>Cratephialtites kourios</i> Sharkey, 1990
Rhopalosomatidae	<i>Mesorhopalosoma cearae</i> Darling e Sharkey, 1990
† Sepulcidae	<i>Prosyntexis gouleti</i> Darling e Sharkey, 1990; sinônimo <i>Prosyntexis legitima</i> Martins-Neto, 2007a
Proctotrupidae	<i>Protopoctro asodes</i> Darling e Sharkey, 1990
Sapygidae	<i>Cretofedtschenkia santanensis</i> Osten, 2007
Incertae sedis*	<i>Atefia rasnitsyni</i> Krogmann, Engel, Bechly e Nel, 2013
Pteromalidae	<i>Parviformosus wohlraabeae</i> Barling, Heads e Martill, 2013

* Pertencente a superfamília Tenthredinoidea; † Família extinta

Fonte: Autor

Ordem Lepidoptera

Tabela 12 – Famílias e espécies da Ordem Lepidoptera descritas para o Membro Crato.

FAMÍLIA	ESPÉCIE
Eolepopterigidae	<i>Gracilepteryx pulchra</i> Martins-Neto e Vulcano, 1989a
	<i>Parasabatinca caldasae</i> Martins-Neto e Vulcano, 1989a
	<i>Undopteryx caririensis</i> Martins-Neto e Vulcano, 1989a
	<i>Netoxena nana</i> Martins-Neto, 1999c

Fonte: Moura-Junior *et al.* (2018).

Ordem Neuroptera

Tabela 13 – Famílias e espécies da Ordem Neuroptera descritas para o Membro Crato.

FAMÍLIA	ESPÉCIE
Chrysopidae	<i>Limaia conspicua</i> Martins-Neto e Vulcano, 1988
	<i>Limaia adicotomica</i> Martins-Neto, 1997a
	<i>Araripechrysa magnifica</i> Martins-Neto e Vulcano, 1988
	<i>Mesypochrysa confusa</i> (Martins-Neto e Vulcano, 1988); sinônimo <i>Caririchrysa confusa</i> (q.v. Martins-Neto, 1992a)
	<i>Mesypochrysa criptovenata</i> (Martins-Neto e Vulcano, 1988); sinônimo <i>Caririchrysa criptovenata</i> (q.v. Martins-Neto, 1992a)
	<i>Caririchrysa pilosa</i> Martins-Neto e Vulcano, 1988
	<i>Limaia conspicua</i> Martins-Neto e Vulcano, 1988
	<i>Caririchrysa criptovenata</i> (Martins-Neto, 1992a)
	<i>Caririchrysa confusa</i> (Martins-Neto, 1992a)
	<i>Cratochrysa willmanni</i> Martins-Neto, 1994
	<i>Cratochrysa sublapsa</i> Martins-Neto e Vulcano, 1997
Berothidae	<i>Araripeberotha martinsi</i> Martins-Neto e Vulcano, 1990a
	<i>Araripeberotha fairchildi</i> Martins-Neto e Vulcano, 1990a
	<i>Caririberotha martinsi</i> Martins-Neto e Vulcano, 1990a
Sisyridae	<i>Cratosisyrops gonzagai</i> Martins-Neto, 1997a
Psychopsidae	<i>Pulchroptilonia spatifata</i> Martins-Neto, 1997a
Myrmeleontidae	<i>Araripeneura regia</i> Martins-Neto e Vulcano, 1989b
	<i>Araripeneura gracilis</i> Martins-Neto e Vulcano, 1989b
	<i>Blittersdorffia pleoneura</i> Martins-Neto e Vulcano, 1989b
	<i>Blittersdorffia volkheimeri</i> Martins-Neto e Vulcano, 1989c
	<i>Blittersdorffia dicotomica</i> Martins-Neto, 1990a
	<i>Blittersdorffia polyplusia</i> Martins-Neto, 1997a
	<i>Blittersdorffia pulcherrima</i> Martins-Neto e Vulcano, 1997
	<i>Caldasia cretacea</i> Martins-Neto e Vulcano, 1989b
	<i>Caririneura microcephala</i> Martins-Neto e Vulcano, 1989b
	<i>Caririneura damianii</i> Martins-Neto, 1992a
	<i>Caririneura crassatella</i> Martins-Neto, 1997a
	<i>Caririneura regia</i> Martins-Neto e Vulcano, 1997
	<i>Caririneura nemopteroides</i> Martins-Neto, 2002
	<i>Cratoalloneura acuminata</i> Martins-Neto e Vulcano, 1989b; sinônimo <i>Alloneura acuminata</i> (q.v. Martins-Neto, 1992a)
	<i>Cratoneura longissima</i> Martins-Neto, 1992a
	<i>Cratoneura pulchella</i> Martins-Neto, 1992a
	<i>Cratoneura dividens</i> Martins-Neto, 1994
	<i>Paracaririneura priscila</i> Martins-Neto e Vulcano, 1997
<i>Cratopteryx robertosantosi</i> Martins-Neto e Vulcano, 1989b	

	<i>Bleyeria nordestina</i> Martins-Neto, 1995b
	<i>Pseudonymphes araripensis</i> Martins-Neto e Vulcano, 1989b
	<i>Pseudonymphes ponomarenkoi</i> Martins-Neto, 1995b
	<i>Pseudonymphes brunherottae</i> Martins-Neto, 1994
	<i>Pseudonymphes zambonii</i> Martins-Neto, 1998c
Babinskaiidae	<i>Babinskaia pulchra</i> Martins-Neto e Vulcano, 1989b
	<i>Babinskaia formosa</i> Martins-Neto e Vulcano, 1989b
	<i>Neliana maculata</i> Martins-Neto, 1992a
	<i>Neliana impolluta</i> Martins-Neto, 1997a
Ascalaphidae	<i>Karenina breviptera</i> Martins-Neto, 1997a
	<i>Cratoscalapha electroneura</i> Martins-Neto e Vulcano, 1997
	<i>Olindanymphe makarkini</i> Martins-Neto, 2005b
	<i>Armandochrysopa borschukewitzi</i> Nel, Delcos e Hutin, 2005
Palaeoleontidae	<i>Baisopardus araripensis</i> (Martins-Neto, 1992b)
	<i>Baisopardus polyhymnia</i> (Martins-Neto, 1997a)
	<i>Baisopardus cryptohymen</i> Heads, Martill e Loveridge, 2005
	<i>Baisopardus escuilliei</i> Myskowiak e Nel, 2016
	<i>Baisopardus pumilio</i> Myskowiak e Nel, 2016
	<i>Neurastenyx gigas</i> Martins-Neto e Vulcano, 1997
	<i>Paraneurastenyx ascalaphix</i> Martins-Neto, 1998
	<i>Parapalaeleon magnus</i> Menon e Makarkin, 2008
	<i>Araripelon alphonsei</i> Millet e Nel, 2010
Mesochrysopidae	<i>Triangulochrysopa formosa</i> Menon e Makarkin, 2008
	<i>Triangulochrysopa formosa</i> Menon e Makarkin, 2008
	<i>Karenina borschukewitzi</i> Nel, Delclòs, e Hutin, 2005
	<i>Karenina leilana</i> Makarkin e Menon, 2005
	<i>Karenina longicollis</i> Makarkin e Menon, 2005
	<i>Cratochrysa martinsnetoi</i> Nel, Delclòs, e Hutin, 2005
	<i>Makarkinia keneri</i> Myskowiak e Nel, 2016
Nemopteridae	<i>Roesleriana exotica</i> Martins-Neto e Vulcano, 1989b
	<i>Cratonemopteryx audax</i> (Martins-Neto e Vulcano, 1989b); sinônimo <i>Megalopteryx audax</i> (q.v. Martins-Neto, 1992a)
	<i>Cratonemopteryx robusta</i> (Martins-Neto e Vulcano, 1989b); sinônimo <i>Megalopteryx robusta</i> (q.v. Martins-Neto, 1992a)
	<i>Cratonemopteryx speciosa</i> Martins-Neto e Vulcano, 1997
	<i>Santananymphe ponomarenkoi</i> Martins-Neto, 2005b
	<i>Krila pilosa</i> Martins-Neto, 1992
Makarkinidae	<i>Makarkinia adamsi</i> Martins-Neto, 1997a
Rafaelidae	<i>Rafaelia maxima</i> Nel, Bechly, Garrouste, Pohl, e Escuillié, 2005
	<i>Rafaelia minima</i> Nel, Bechly, Garrouste, Pohl, e Escuillié, 2005
Ithonidae	<i>Principiala incerta</i> Makarkin e Menon, 2007

Osmylidae	<i>Nuddsia longiantennata</i> Menon e Makarkin, 2008
	<i>Cratosmylus magnificus</i> Myskowiak, Escuillié e Nel, 2015
Nymphidae	<i>Araripenymphes seldeni</i> Menon, Martins-Neto e Martill, 2005
	<i>Rafaelynymphes cratoensis</i> Myskowiak, Huang, Azar, Cai, Garrouste e Nel, 2016

Fonte: Moura-Junior *et al.* (2018).

Ordem Raphidioptera

Tabela 14 – Famílias e espécies da Ordem Raphidioptera descritas para o Membro Crato.

FAMÍLIA	ESPÉCIE
Raphidioidea	<i>Austroraphidia brasiliensis</i> (Nel, Seméria e Martins-Neto, 1990b); sinônimo <i>Raphidia brasiliensis</i> (q.v. Martins-Neto <i>et al.</i> , 2007)
	<i>Arariperaphidia rochai</i> Martins-Neto e Vulcano, 1990
	<i>Caririraphidia sertaneja</i> Martins-Neto, 2002
	<i>Caririraphidia reticulata</i> Martins-Neto, 2002
Baissopteridae	<i>Baissoptera lisae</i> Jepson, Ansorge e Jarzembowski, 2011
	<i>Baissoptera pulchra</i> (Martins-Neto e Nel, 1992); sinônimo <i>Cratoraphidia pulchra</i> (q.v. Martins-Neto <i>et al.</i> , 2007)
	<i>Baissoptera brasiliensis</i> Oswald, 1990

Fonte: Moura-Junior *et al.* (2018).

Ordem Trichoptera

Tabela 15 – Famílias e espécies da Ordem Trichoptera descritas para o Membro Crato.

FAMÍLIA	ESPÉCIE
Leptoceridae	<i>Araripeleptocerus primaevus</i> Martins-Neto, 2001a
	<i>Cratorella magna</i> Martins-Neto, 2001a
	<i>Cratorella media</i> Martins-Neto, 2001a
	<i>Cratorella minuta</i> Martins-Neto, 2001a
Hydroptilidae	<i>Cratorella feminina</i> Martins-Neto, 2001a
Incertae sedis	<i>Raptortrichops sukatshevae</i> Martins-Neto, 2001a
Incertae sedis	<i>Senka crassatella</i> Martins-Neto, 2001a

Fonte: Modificado de Moura-Junior *et al.* (2018).

Ordem Megaloptera

Tabela 16– Famílias e espécies da Ordem Megaloptera descritas para o Membro Crato.

FAMÍLIA	ESPÉCIE
Corydalidae	<i>Cratocorydalopsis brasiliensis</i> Jepson e Heads, 2016
	<i>Lithocorydalus fuscata</i> Jepson e Heads, 2016

Fonte: Autor

2.2. Geodiversidade: Uma síntese da evolução dos conceitos e aplicações na gestão do territorial

Eberhard (1997) introduz o conceito de geodiversidade, definindo-o como “a diversidade natural entre aspectos geológicos, do relevo e dos solos”. Cada cenário da diversidade natural (ou paisagem natural) estaria em constante dinâmica por meio da atuação de processos de natureza geológica, biológica, hidrológica e atmosférica.

Veiga (1999), por sua vez, enfatiza o estudo das águas superficiais e subterrâneas nos estudos de geodiversidade. Para o autor, a geodiversidade “expressa as particularidades do meio físico, compreendendo as rochas, o relevo, o clima, os solos e as águas, subterrâneas e superficiais, e condiciona a morfologia da paisagem e a diversidade biológica e cultural”. O estudo da geodiversidade é, em sua opinião, uma ferramenta imprescindível de gestão ambiental e norteador das atividades econômicas.

Stanley (2001) já apresenta uma concepção mais ampla para o termo “geodiversidade”, em que as paisagens naturais, entendidas como a variedade de ambientes e processos geológicos, estariam relacionadas **a seu povo e a sua cultura**. Desse modo, o autor estabelece uma **interação** entre a diversidade natural dos terrenos (compreendida como uma combinação de rochas, minerais, relevo e solos) e **a sociedade**, em uma aproximação com o clássico conceito lablacheano de “gênero de vida”, discutido mais à frente.

Xavier da Silva e Carvalho Filho (2001) definem geodiversidade a partir da “variabilidade das características ambientais de uma determinada área geográfica”, cabendo ao pesquisador, **com base em um estudo sistemático de enorme massa de dados ambientais disponíveis em base de dados georreferenciada, a seleção das variáveis que melhor determinam a geodiversidade em cada local.**

Gray (2004) concebe uma definição bastante similar ao de Eberhard (1997); todavia, **estende sua aplicação aos estudos de planejamento territorial**, ainda que com ênfase **destinada à geoconservação.**

Em 2006, com base nos conceitos anteriores, Silva *et al.* (2006) definiram geodiversidade como:

“O estudo da natureza abiótica (meio físico) constituída por uma variedade de ambientes, composições, fenômenos e processos geológicos que dão origem às paisagens, rochas, minerais, águas, fósseis, solos, clima e outros depósitos superficiais que propiciam o desenvolvimento da vida na Terra, tendo como valores intrínsecos a cultura, o estético, o econômico, o científico, o educativo e o turístico.” Neste sentido, A biodiversidade está assentada sobre a geodiversidade e, por conseguinte, é dependente direta desta, pois as rochas, quando intemperizadas, juntamente com o relevo e clima, contribuem para a formação dos solos,

disponibilizando, assim, nutrientes e micronutrientes, os quais são absorvidos pelas plantas, sustentando e desenvolvendo a vida no planeta Terra.

Em síntese, pode-se considerar que o conceito de geodiversidade abrange a porção abiótica do geossistema (o qual é constituído pelo tripé que envolve a análise integrada de fatores abióticos, bióticos e antrópicos). Esse reducionismo permite, entretanto, ressaltar os fenômenos geológicos em estudos integrados de gestão ambiental e planejamento territorial¹. Firmando-se aí o estudo integrado do meio abiótico (geodiversidade) como importante ferramenta na gestão territorial. Silva *et al.* (2006)

A partir de 2008, o Serviço Geológico do Brasil, iniciou uma série de publicações que cobriram todo o território nacional com mapas de geodiversidade (Geodiversidade Estaduais), levando-se como base o conceito cunhado a partir de 2006 pela equipe do SGB [Mapa de Geodiversidade do Brasil (2006) e Geodiversidade do Brasil, (2008)].

Com estes trabalhos, pode-se notar uma caracterização da geodiversidade, diferenciando-se o foco a partir da escala de aplicação e com uma grande ênfase na gestão territorial.

Em termos de informações e comunicação, buscou-se utilizar nestes trabalhos uma linguagem ao mesmo tempo precisa e de compreensão universal (i.e. sem se aprofundar em demasia nos conceitos técnico-científicos), uma vez que o público alvo é muito variado. O objetivo principal destas obras foi popularizar a geodiversidade, mostrando suas múltiplas aplicações em vários setores sociais, ambientais e econômicos.

Uma revisão dos conceitos e aplicações da geodiversidade, assim como um estudo de caso relacionada a área de estudo estão no item 4.3.

2.2.1. Caracterização de domínios e unidades geológicas ambientais da Geodiversidade:

Os domínios e unidades geológico-ambientais (ou sub-domínios) são os *frameworks* (WIMBLEDON *et al.*, 2000) utilizados neste trabalho. Estes *frameworks* são um contexto geológico ou categoria temática a um agrupamento de elementos geológicos que tem a mesma origem, significado ou que tenham sido originados por processos similares e que mostrem características singulares e exclusivas da evolução geológica da Terra e já estão integrados a base de dados institucional do Serviço Geológico do Brasil (CPRM), a GeoSGB (<http://geosgb.cprm.gov.br/>).

As rochas da Bacia Sedimentar do Araripe encontram-se agrupados no Domínio da Geodiversidade: (DCMR) - Domínio dos Sedimentos Cenozoicos e/ou Mesozoicos Pouco a

Moderadamente Consolidados, Associados a Pequenas Bacias Continentais do Tipo Rift (Figura 2.1.7).

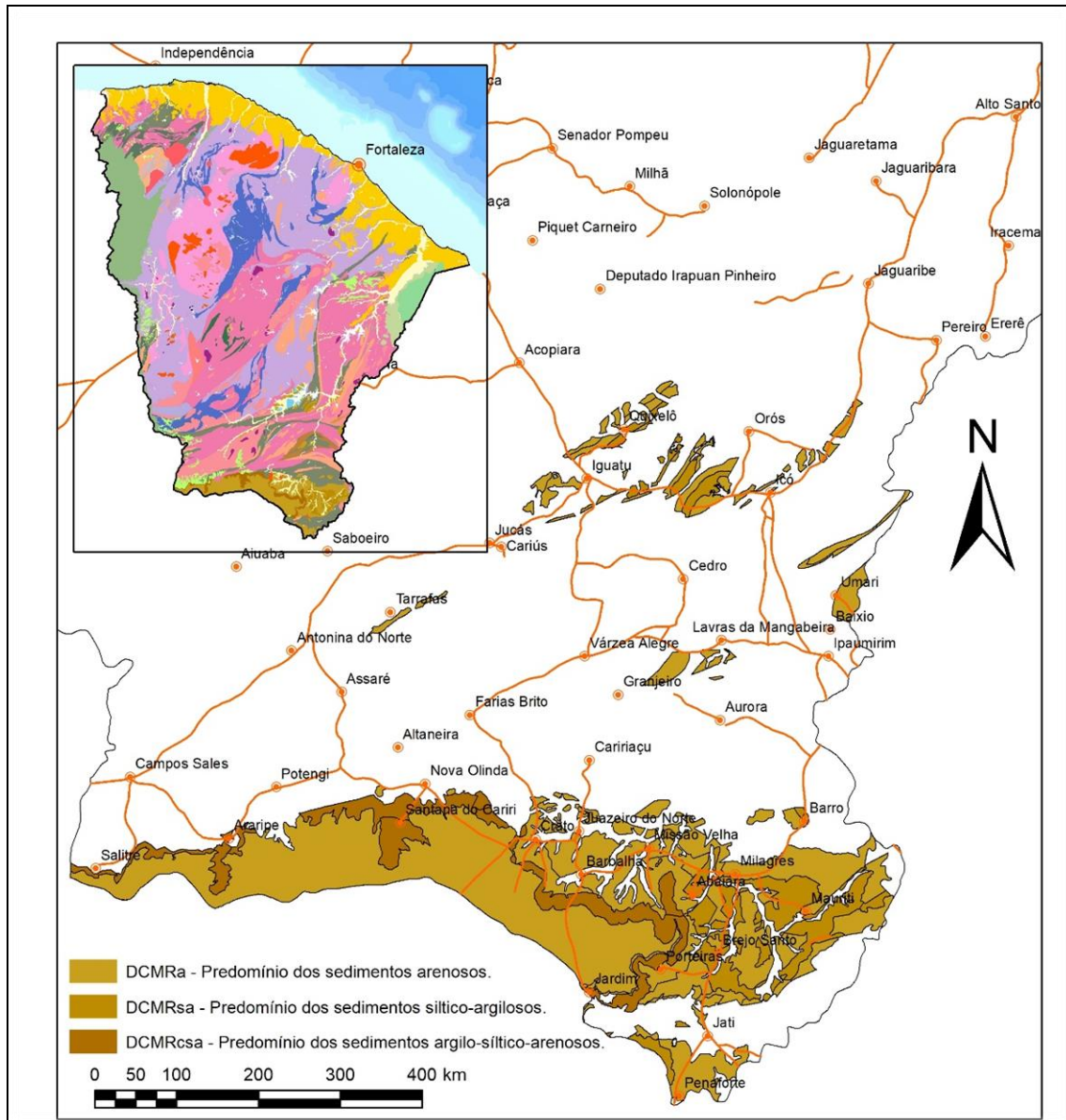


Figura 2.1.7 – Distribuição do Domínio dos Sedimentos Cenozoicos e/ou Mesozoicos Pouco a Moderadamente Consolidados, Associados a Pequenas Bacias Continentais do Tipo Rift no estado do Ceará. Fonte: modificado de Brandão e Freitas (2014).

2.2.2 O Patrimônio Paleontológico da Formação Santana

A Formação Santana é um ciclo deposicional regressivo-transgressivo tendo sua parte transgressiva representada pelo Membro Romualdo e o ciclo regressivo representado principalmente pelos calcários laminados do Membro Crato e os evaporitos do Membro Ipubi.

Quanto ao conteúdo paleontológico a Formação Santana é a mais expressiva tanto em quantidade quanto em variedade, com os seus 3 Membros apresentando uma paleofauna muito parecida, tendo várias espécies idênticas no registro fóssilífero dos três Membros, principalmente quando se refere a vertebrados (pterossauros e peixes). Quanto a paleoartropofauna, esta é encontrada principalmente nos calcários laminados do Membro Crato, representada por uma fauna alóctone, em grande parte descoberta pela ação das minerações na área que extraem lajetas de calcário para construção civil.

Este conteúdo fóssilífero é de extrema importância para a história da evolução das espécies. No contexto da geodiversidade, este rico registro recebe reconhecimento de que é um bem de herança da terra para seu povo.

Segundo Freitas (2016), a atual carta magna em seu artigo 20, apresenta os fósseis como um bem mineral da União e, com base nesse artigo, o órgão competente para administrá-lo é o DNPM (atual Agência Nacional de Mineração ANM). Entretanto, o artigo 216 cita os sítios paleontológicos como patrimônio cultural reconhecendo, portanto, a importância de se preservar e conservar a memória da terra como já foi afirmado na declaração de Digne (1991). Desse modo, o órgão competente para proteger sítios paleontológicos seria o IPHAN através de seus livros tomo nacionais: Arqueológico, Etnográfico e Paisagístico; Histórico; e Belas Artes.

Dessa forma, é possível que os fósseis sejam reconhecidos como um bem mineral, e como um bem cultural, de modo que a competência para administrá-los seja da ANM ou do IPHAM.

No Brasil, existem poucos museus dedicados a retratar a evolução na Terra por meio dos fósseis. Carvalho (1993) por sua vez, aponta a pouca quantidade de exemplares fósseis da BSA nos museus e universidades brasileiras.

Tendo em vista o cenário atual em que os fósseis se encontram, é relevante a criação de um inventário dedicado ao Patrimônio Paleontológico. Não obstante, o inventário é dinâmico e novas espécies surgem de acordo com o avanço da exploração paleontológica no Brasil, contrapondo, por exemplo, os inventários com uma conotação jurídica de partilha de bens, onde o inventário é mensurável.

Assim, quando reconhecida pelo meio científico, uma nova espécie fóssil e sua descrição contribuirá para o enriquecimento do Inventário de Patrimônio Paleontológico da BSA, de modo que o seu holótipo alocado no Brasil, possibilitará comparações, revisões e reclassificações de unidades geológico ambientais.

Os artigos a seguir são uma contribuição para o inventário do patrimônio paleontológico, apresentando duas novas espécies de insetos fósseis, alguns dos poucos holótipos de insetos fósseis da BSA depositados no Brasil.

3.0. ESTRUTURAÇÃO DA TESE

No capítulo 2 é apresentado o referencial teórico sobre a Geologia, geomorfologia e conteúdo fossilífero já descrito para a Bacia Sedimentar do Araripe

No capítulo 3 é apresentada uma síntese da estruturação final da Tese.

No capítulo 4, como contribuição ao inventário do patrimônio paleontológico que é uma das temáticas ligadas a geodiversidade, foi publicado no periódico **Anais da Academia Brasileira de Ciências** o artigo: *“First Occurrence and Paleo-Ecological Implications of Insects (Orthoptera: Ensifera Gryllidae) in the Romualdo Member of the Santana Formation, Eo-Cretaceous of the Araripe Basin”* (FREITAS *et al.*, 2016). O resumo deste artigo está no item 4.1 e sua versão completa no Apêndice 1, descreve o primeiro exemplar fóssil de um grilo para o Membro Romualdo da Formação Santana.

Um outro artigo, *“A New species of Hymenoptera (Insecta) for the Eo-Cretaceous of the Araripe basin, Brazil”* submetido também aos **Anais da Academia Brasileira de Ciências** (item 4.2), atualmente encontra-se em análise. Ele apresenta a primeira descrição de um exemplar fóssil de Hymenoptera (Insecta) da Superfamília Siricoidea para o Membro Crato da Formação Santana.

No item 4.3 é apresentado o resumo do artigo: **“Geodiversidade Conceitos, Aplicações e Estado da Arte no Brasil: Uma Aplicação ao Geopark Araripe”** (FREITAS *et al.*, 2018), publicado no periódico **Estudos Geológicos**, contendo as revisões necessárias para a realização da pesquisa no que se refere a geodiversidade da Bacia Sedimentar do Araripe e, em especial, da Formação Santana, unidade geológica de origem dos dois exemplares fósseis analisados nos itens anteriores. O artigo completo encontra-se no Apêndice 2.

No Capítulo 5 são realizadas discussões gerais, englobando as discussões dos capítulos anteriores.

A formatação, diagramação do texto, figuras e tabelas foi feita de acordo com o Guia de Normalização de Trabalhos Acadêmicos da Universidade Federal do Ceará, exceto, quando na forma de artigos já publicados, que acompanham as formatações exigidas por cada periódico.

Ao final das etapas anteriores, foram reunidos dados para elaboração da Tese, com as interpretações referentes a pesquisa realizada.

4.0. RESULTADOS

4.1. ARTIGO I – First Occurrence and Paleo-Ecological Implications of Insects (Orthoptera: Ensifera Gryllidae) in the Romualdo Member of the Santana Formation, Eo-Cretaceous of the Araripe Basin (Apêndice 1)

Autores: LUÍS C.B. FREITAS, GERALDO J.B. DE MOURA e ANTÔNIO A.F. SARAIVA

Publicado na Revista: Anais da Academia Brasileira de Ciências (2016) 88(4): 2113-2120 (Annals of the Brazilian Academy of Sciences) Printed version ISSN 0001-3765 / Online version ISSN 1678-2690 <http://dx.doi.org/10.1590/0001-3765201620150375>
www.scielo.br/aabc

ABSTRACT

The Romualdo Member of the Santana Formation, a lithostatigraphic unit attributed to a marine intrusion, is famous for its preserved fossils in calcareous concretions, which stand out for their diversity and excelente preservation levels. This paper aims to record the first occurrence of the Class Insecta in the Romualdo Member of the Santana Formation of the Araripe Basin, as well as to describe and discuss the paleoecological implications of such finding. The first occurrence of the order Orthoptera (family Gryllidae) is presented for this unit. This new species is attributed to the genus *Araripegryllus*, that lasted throughout the deposition of the Crato Member, which is under the Romualdo Member. In reference to its stratigraphic origin, the specimens was named *Araripegryllus romualdoi* sp. nov.

Key words: *Araripegryllus*, Grylloidea, Calcareous concretions, *Araripegryllus romualdoi*.

4.2. ARTIGO II – A New Hymenoptera (Insecta) for the Eo-Cretaceous of the Araripe basin, Brazil

Autores: LUÍS C.B. FREITAS, GERALDO J.B. DE MOURA

Submetido a Revista: Anais da Academia Brasileira de Ciências (Annals of the Brazilian Academy of Sciences) Printed version ISSN 0001-3765 / Online version ISSN 1678-2690 www.scielo.br/aabc - **Atualmente em revisão.**

**A new Hymenoptera (Insecta) for the Eo-Cretaceous of the Araripe basin,
Brazil**

LUÍS C. B. FREITAS¹ AND GERALDO J. B. MOURA²

¹Serviço Geológico do Brasil, Residência de Fortaleza/ REFO, Avenida Antônio Sales, 1418, Joaquim Távora, 60135-101 Fortaleza, CE, Brazil.

²Universidade Federal Rural de Pernambuco/ UFRPE, Departamento de Biologia, Laboratório de Estudos Herpetológicos e Paleoherpetológicos, Rua Don Manuel de Medeiros, s/n, Dois Irmãos, 52171-900 Recife, PE, Brazil

Abstract:

This paper describes the first occurrence of the superfamily Siricoidea for the Cretaceous of Gondwana. Despite the features that place the species here described into the superfamily, some morphological peculiarities do not allow us to classify it among the genus currently comprising Siricoidea. In view of the foregoing, a new genus, and a new species (*Primusyntexis arariptera* gen. et sp. nov.) are then described and discussed.

P. arariptera sp. nov. is the largest specimen of symphyta ever attributed to the Crato Member of the Santana Formation.

Keywords: New Taxa, *Primusyntexis arariptera*, Protosiricidae, Siricoidea, Siricomorpha.

New species of Hymenoptera for the Eo-Cretaceous
Ciências da Terra (Earth Sciences)
Correspondence to: Luis Carlos Bastos Freitas
E-mail: lcgeologia@hotmail.com

INTRODUCTION:

Having the most precious continental record of the end of the rift phase of the Brazilian continental margin (Castro et al. 2006), the Araripe Sedimentary Basin has one of the most important Mesozoic *Konservat Lagerstätten* of Gondwana (Maisey 1991; Martill 1993; Kellner 2002), the Santana Formation, which is one of the most famous fossil deposits in the world, based on both its diversity and the surprising preservation of its fossil insects (Grimaldi 1990; Martill et al. 2007; Heads et al. 2008; Barling et al. 2013).

With regard to the insects of the Araripe Basin, the vast majority are restricted to the Crato Member, with only one insect recorded from the Romualdo Member (Freitas et al. 2016), and there are still a lot of families under analyses, represented by taxa yet unnamed within the Crato Member (Beckly 2007; Barling et al. 2013).

Hymenoptera are a large and diverse order of insects. Their most common classification encompasses suborder Apocrita and Symphyta, and the latter is characterized by the absence of constriction in the first and second abdominal segments, in addition to being constituted by morphologically heterogeneous families. It is noteworthy that fossils of the superfamilies Xyeloidae and Tenthredioidea, dating back to the Triassic (200 million years ago) have been recovered from Siberia (Resh and Carde 2003) and Luxembourg (Nel et al. 2004). Phylogenetic analyses of molecular (Dowton and Austin 1994) and morphological characters (Schulmeister 2003), indicate that Symphyta is more basal, including the most primitive Hymenoptera.

Among the Hymenoptera of the Mesozoic fossil record, Siricoidea stands out, either because of the smallness and delicacy of the fossils, making their preservation difficult, or because of the diversity of groups it encompasses, like the families Anaxyelidae, Siricidae, Daohugoidae and Protosiricidae, being the latter two extinct and recorded from the Jurassic of China (Rasnitsyn and Zhang 2004). The latter families stand out for the similarities with the fossil that is the object of study of this description.

There are currently some sixty species of fossil symphytan known for the world during the Cretaceous, distributed into ten families, most of which (24 spp.) are classified into the superfamily Pamphilioidea. Only one species is described to the Cretaceous of Brazil (*Prosyntaxis gouleti* Darling and Sharkey, 1990) assigned to the family Sepulsiidae. It is noteworthy that the only place in Brazil with cretaceous record of Symphytans is the Crato Member of the Araripe Sedimentary Basin (Martins-Neto 2006).

In view of the foregoing, the aim of the present works is to describe the first occurrence of a new Hymenoptera (genus, as well as species) in the Lower Cretaceous of the Gondwana. The new taxa is compared with closely related groups and also brief comments on the possible kinship relation of this new finding to the other families within Siricoidea is provided

MATERIAL AND METHODS:

Area of Study:

The Araripe Sedimentary Basin is situated in the interior of the Brazilian Northeast (Fig. 01), in the border region between the states of Pernambuco, Ceará, and Piauí, between meridians $38^{\circ} 30'$ and $40^{\circ} 50'$ W longitude and parallels $7^{\circ} 05'$ and $7^{\circ} 50'$ in S latitude (Neumann 1999).

In this paper, we chose the stratigraphic proposal of Ponte and Appi (1990), considering that the Santana Formation is subdivided into the Crato, Ipubi, and Romualdo members (Fig. 01 and 02). The Crato Member is the stratigraphic origin of the fossil specimen described herein (Fig. 02).

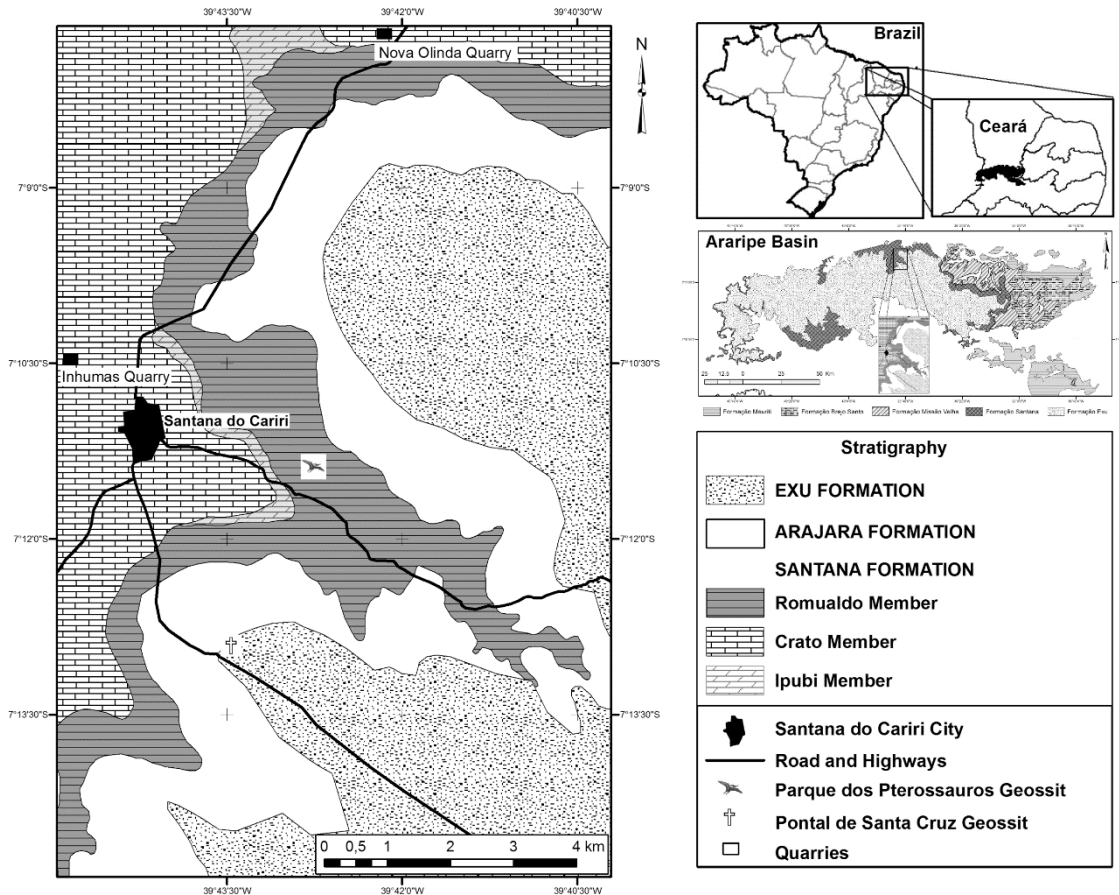


Figure 01 – Map of geographical area and lithologic distribution in the Araripe Basin, with detail of the region of Nova Olinda and Santana do Cariri.

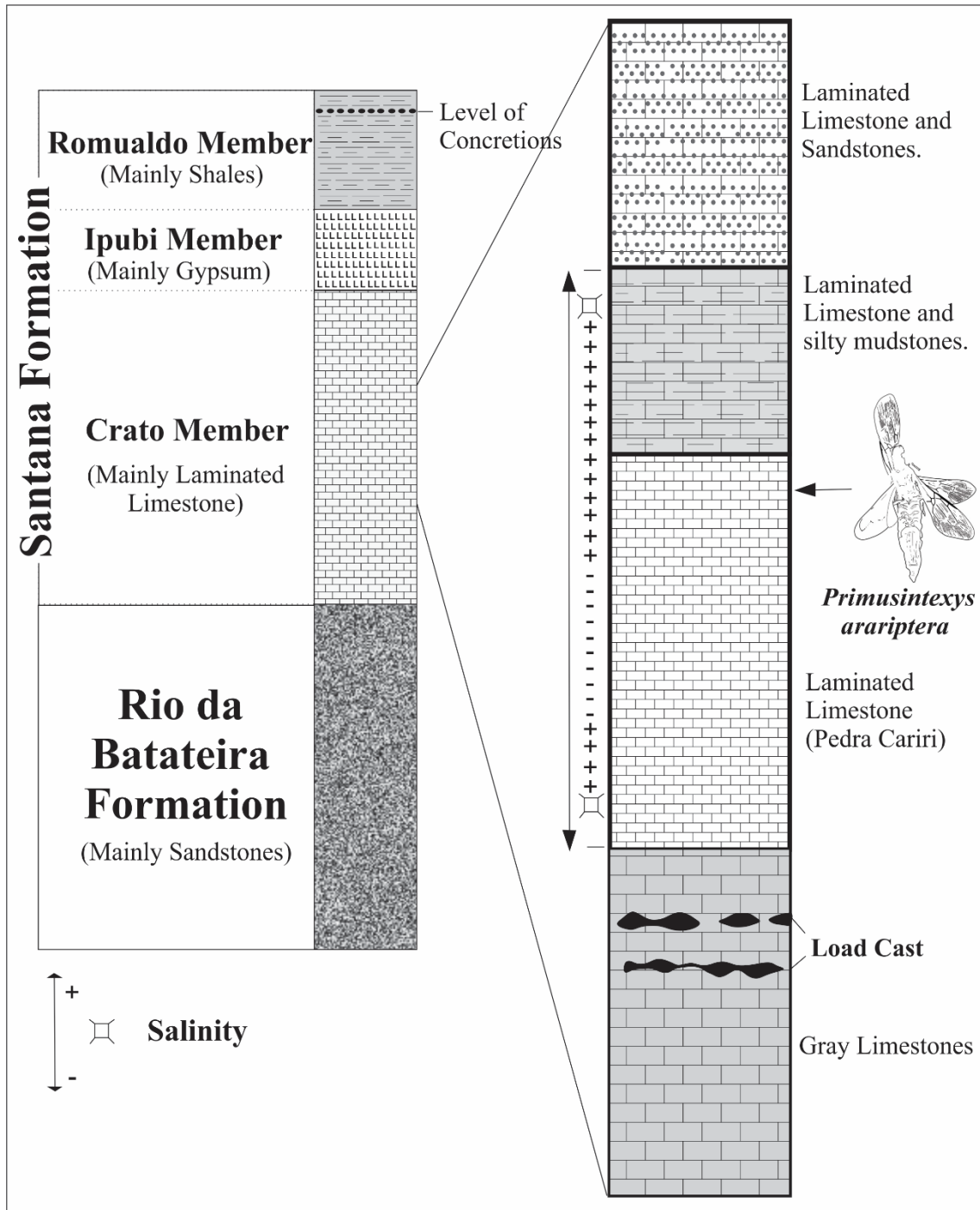


Figure 02 – Sedimentary facies of the Crato Member, Santana Formation, Lower Cretaceous of the Araripe Basin, specifying the stratigraphic location of the fossil find.

Methods:

The specimen was mechanically prepared under a stereomicroscope using brushes and needles, seeking more access to the diagnostic characters, especially wing venation.

For comparison with other fossil specimens already described, in addition to the visits (Laboratory of Paleontology of the Federal University of Ceará; Geological Survey of Brazil in Fortaleza; and Paleontology Museum of Santana do Cariri), an extensive bibliographic review was conducted.

As to the taxonomy of the Hymenoptera, the current keys, particularly at the level of species, use some features that are not usual for the comparison and identification of fossil specimens, such as colors and other apomorphies that are not preserved in fossils. Due to this limitation, we relied only on morphological characteristics to identify the species in this study.

For the comparison between families and superfamilies, the most morphologically representative specimens of their families were chosen. As a basis we used the keys and identifications in Benson (1951), Mason (1993), Rasnitsyn and Zhang (2004a, b), Zhang and Rasnitsyn (2006), and Vilhelmsen (2003), regarding superfamilies and families. The wing venation nomenclature used is that of Mason (1993).

RESULTS:

Systematic palaeontology:

Order: Hymenoptera Linnaeus, 1758

Superfamily: Siricoidea Billbergh, 1820 (Latreille, 1802)

Family: *Insertae Sedis*

Type Genus: *Primusyntexis* gen.nov.

Derivation of name: (*Primus* + *Syntexis*) *Syntexis* in reference to some similarities in the wing between this cretaceous Hymenoptera and the Symphyta Hymenoptera of the genus *Syntexis*.

Type species: *Primusyntexis arariptera* sp. nov.

Derivation of name: *arariptera*, in reference to the type locality of the holotype, the Araripe Basin.

Holotype: The holotype was deposited in the collection of the Geological Survey of Brazil, in Fortaleza-CE: SGBFO-PA045 (Fig. 03).

Stratigraphy: Beige laminated limestones, rich in fossil remains of angiosperms, Crato Member of the Santana Formation, Lower Cretaceous of the Araripe Basin-Brazil.

Type locality: Inhumas, located 2.2 km from the municipal seat of Santana do Cariri – Ceará.

Diagnosis:

- Pentagonal 1M cell in the forewing and the orientation of the angle between Rs and M+Cu being directed to the top of the wing (junction of Rs vein – coming from the vein 1r – rs, as in Siricinae, however, with the junction between Rs and M forming an angle in the opposite direction).
- The propleura are long, forming a separation in the form of neck between the head and the pronotum.
- Front wings with elongated costal space, C+SC+R fused and with light curvature; pentagonal 1M cell occupying about 10% of the wing and arranged with major axis forming an angle of 45° between the Medial (M) and the extension of the Radial sector vein (Rs) of First Radial 1 cell (1R1) and Cu vein of the Second Cubital cell (2Cu) and Rs veins of the 1R1 Cell starting from the same point from the cell 1M.

Description:

1-rs, 2r-rs, 1-cu and 3-proclinal and in the same direction; 1-rs forming a 90° angle with 1-M and 1-Cu forming an angle of 90° with 1cu-a, respectively; Rs in 2r is not curved; 1r-rs present and 2r-m absent; 1-rs at an angle of approximately 120° with Rs of 1r.

Crossveins 1mu-cu vein with Cu vein of the 2Cu cell form an angle of approximately 120°. Medial arranged in the bisectrix between the anterior margin and posterior margin, and without curvature in the junction with 1M cell. Set cells [R] + [1Cu] + [1M] occupying about 76% of the wing.

The specimen is well preserved and measures 36 mm, the largest specimen of symphyta ever attributed to the Crato Member of the Santana Formation. Unified abdomen and chest (symphyta). Forewings with 64% of the total body length. The legs are short (about 33% in relation to the body length). It has fused Costal (C), Subcostal (SC) and Radial (R), First Medial (1M) pentagonal cell occupying about 10% of the wing, arranged with the major axis forming an angle of 45° between the Medial vein (M) and the Cubital vein (Cu). Petiole present in the front and hind wings.

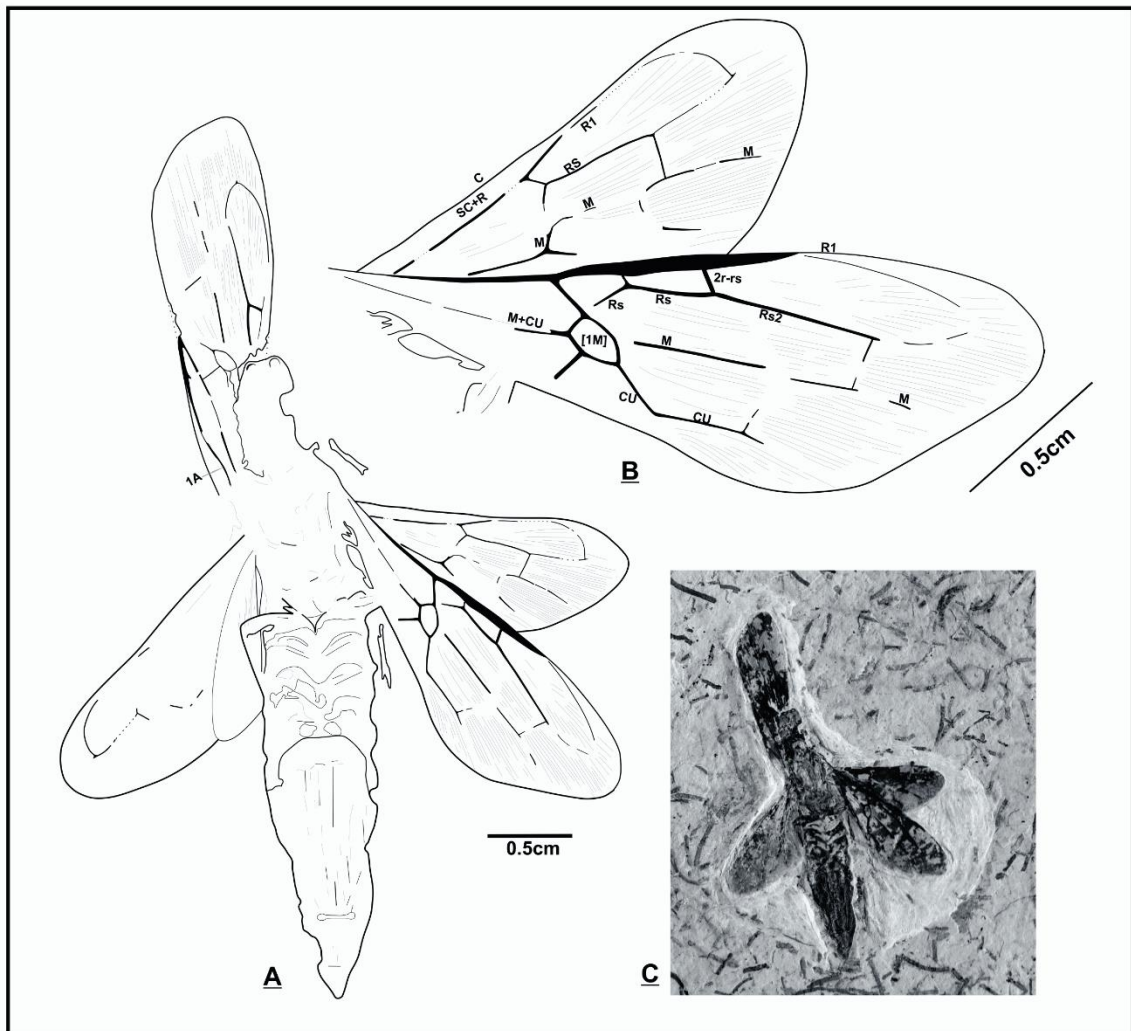


Figure 03 – *Primusyntexis arariptera*, gen. et. sp. nov. A – Holotype design; B – Detail of cells and crossveins of the wings; C – Holotype to natural light.

DISCUSSIONS:

The major differences between this specimen and the genera within the Siricidae are in the arrangement of the pentagonal 1M cell in the forewing and the orientation of the angle between Rs and M+Cu being directed to the top of the wing (junction of Rs vein – coming from the vein 1r – rs, as in Siricinae, however, with the junction between Rs and M forming an angle in the opposite direction).

SC+C+R fused and with light curvature. 1mu-cu with Cu form an angle of approximately 120°, M+Cu is not curved, differing from the family Prostosiricidae (Rasnitsyn and Zhang 2004a). Basal area of the ovipositor occupying more than 1/3 of the abdominal area, differing from *Daohugoa tobiasi* (Rasnitsyn and Zhang 2004b), Siricoidea of the Jurassic.

SC+C+R are fused and with light curvature (characteristic present in some families of the suborder Apocrita) differing from all the other Symphytans.

Crossveins Rs of cell [1R1] forming an angle of 120° with Medial cell [1M], differing from Siricidae (forewing).

It presents three complete [R1] cells (R1+R2+R3) with elongated R3, similar to the Siricidae and differing from the other families and superfamilies within Symphyta. Rs veins of the cell R1 starting from a same point from cell 1M, differing from Anaxielidae and Xiphydriidae. It has pentagonal 1M cell, whereas it is square in Sepulsiidae.

According to Rasnitsyn and Zhang (2004b), when describing a family of Hymenoptera with similarities to Siricinae, Myrmeciidae and Xiphydriidae (Daohugoidae, from the Jurassic of Mongolia), Siricinae has the 1st abscissa of Rs reclining with directed posterobasal instead of posteroapical.

3R1, 2r-rs, 1r-rs, 2A, 3A and stigma, as well as the entire hind wing, have the morphology very close to *Sirex nitidus* (Siricidae; Siricinae) and the other species of the same genus. However, the morphology of the head (disproportionate to the size of the body, being the size ratio much lower to the head of others of the same genus), pronotum, legs, pentagonal 1M cell arranged with larger axis forming an angle of 45° between M and Cu, and 1mu-cu with Cu forming an angle of approximately 120° (Fig. 03) gather characteristics to propose a new genus in an *insertae sedis* family, *Primusyntexis arariptera* gen. et. esp. nov. within Siricoidea. In *Primusyntexis* the propleura are long, forming a separation in the form of neck between the head and the pronotum, resembling those of the family Xiphydriidae (Sup. fam. Xiphydrioidea).

The sinuous shape of veins 2A & 3A resembles Pamphilioidea (Mason, 1993, p. 71 key cc), but smoother and less marked. The opposite condition (2A & 3A in a straight line), according to the same authors, is the condition of the key of Megalodontidae (Pamphilioidea). 2A & 3A of *Primusyntexis* is considered an intermediate form here. It is worth noting that Pamphilioidea and Megalodontidae are part of the superfamily Megalodontoidea, and yet they possess distinct characteristics.

Primusyntexis arariptera also presents morphological similarities (especially the wing veins, in particular cell [1M]) with the Jurassic families Protosiricidae (Rasnitsyn and Zhang 2004) and Paroryssidae (Rasnitsyn and Zhang 2004), as well as Rudisiricinae (subfamily within the superfamily Pamphilioidea). Zhang and Rasnitsyn (2006) describe the family Protosiricidae (Siricoidea) and the genus *Protosirex* belonging to it.

Prosintexis goulet, Symphyta of the Crato Member, was initially described as belonging to the family Anxyelidae (Darling and Sharkey 1990) and later transferred to the family Sepulsiidae; Trematothoracinae (Martins-Neto et. al. 2007).

The family Protosiricidae is known primarily for the males. It is unknown if they have needle-like ovipositor or flat ovipositor, and if the latter hypothesis is confirmed, the taxonomic position of the family must be reviewed, because its characters would agree with the ancestor of both superfamilies Cephoidea and Siricoidea. This seems to be a condition also applicable to *Primusyntexis arariptera*.

With a single specimen described until now, a further analysis of the kinship relations between *Primusyntexis* and the other groups mentioned does not become very conclusive. It is necessary to conduct a deeper study of the relations of plesiomorphies and symplesiomorphies surrounding families. The process of forming an association of kinship between new species and those ones already described is quite dynamic, and reallocations are necessary and predictable as can be seen throughout history.

This new genus increases the diversity of Symphyta for the Lower Cretaceous of Gondwana and contributes to the evolving understanding of the Hymenoptera. There is a great potential of finding other genus and families with close morphological association with the basal families of Symphyta found in Asia (such as Protosiricidae, Paroryssidae and Praesiricidae) and/or other genera and species linked to *Primusyntexis*, since there are still a lot of undescribed specimens and the growing possibility of new findings with the development of the researches in the Araripe Sedimentary Basin.

ACKNOWLEDGEMENTS:

Special thanks to the Geological Survey of Brazil and to the Department of Geology of the Federal University of Ceará – UFC for the consultations of the paleontological collections, and to the anonymous reviewers for their contributions.

REFERENCES:

- BARLING N, HEADS SW and MARTILL DM. 2013. A new parasitoid wasp (Hymenoptera: Chalcidoidea) from the Lower Cretaceous Crato Formation of Brazil: The first Mesozoic Pteromalidae. *Cretaceous Research* 45: 258-264.
- BECHLY G. 2007. Chapter 11.1 Insects of the Crato Formation: Introduction. p. 142-149. In: MARTILL D, Bechly G and Loveridge R. (Eds.), *The Crato fossil beds of Brazil: Window into an ancient world*. Cambridge University Press, Cambridge, 624p.

- BENSON RB. 1951. Hymenoptera: 2. Symphyta. Section (a). Handbooks for the identification of British insects. Vol. VI, Part 2(a):1-50. Royal Entomological Society of London, London, England.
- CASTRO JC, VALENÇA LMM, NEUMANN VH. 2006. *Ciclos e Sequências deposicionais das formações Rio da Batateira e Santana (Andar Alagoas), Bacia do Araripe, Brasil – Unesp Geociências 25 (30): 289 – 296.*
- DARLING DC and SHARKEY MJ. 1990. Hymenoptera. In: Grimaldi, D.A. (Ed). Insects from the Santana Formation, Lower Cretaceous of Brazil. Bulletin of the American Museum of Natural History 195: 76-81.
- DOWTON M and AUSTIN AD. 1994. Molecular phylogeny of the insect order Hymenoptera: Apocritan relationships. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America 91: 9911–9915.
- FREITAS LCB, MOURA GJB, SARAIVA AAF. 2016. First Occurrence and Paleo-Ecological Implications of Insects (Orthoptera: Ensifera Gryllidae) in the Romualdo Member of the Santana Formation, Eo-Cretaceous of the Araripe Basin. An Acad Bras Cienc 88; 2113-2120.
- GRIMALDI D. 1990. Insects from the Santana Formation, Lower Cretaceous, of Brazil. Bulletin of the American Museum of Natural History 195: 5-191.
- HEADS SW, MARTILL DM, LOVERIDGE, RF. 2008. Palaeoentomological paradise: The Cretaceous Crato Formation of Brazil. Antenna 32: 91-98.
- KELLNER AWA. 2002. Membro Romualdo da Formação Santana, Chapada do Araripe, CE. In: SCHOBENHAUS C, CAMPOS DA, QUEIROZ ET, WINGE M, BERBERT-BORN M. (Eds.), *Sítios Geológicos e Paleontológicos do Brasil 6: 121-130.*
- LINNAEUS C. 1758. *Systema Naturae per Regna Tria Naturae: secundum classes, ordines, genera, species cum characteristibus, differentiis synonymis, locis, Tenth ed., revised.* Laurentius Salvius, Holmiae, 824 pp.
- MAISEY JG. 1991. *Santana Fossils: An Illustrated Atlas.* TFH Publications, Neptune City, NJ, 459 pp.
- MARTILL DM. 1993. *Fossils of the Santana and Crato formations, Brazil.* Field Guides to Fossils, 5. Palaeontological Association, London, 159 pp.
- MARTILL DM, BECHLY G, LOVERIDGE RF. 2007. *The Crato Fossil Beds of Brazil: Window into an Ancient World.* Cambridge University Press, New York, 625 pp.

- MARTINS-NETO RG. 2006. Insetos fósseis como bioindicadores em depósitos sedimentares: um estudo de caso para o cretáceo da bacia do Araripe (Brasil). *Revista Brasileira de Zoociências* 8 (2): 155-183.
- MARTINS-NETO RG, MELO AC and PREZOTO F. 2007. A New Species of Wasp (Symphyta, Sepulcidae) from the Santana Formation (Lower Cretaceous, Northeast Brazil). *J Ent Res Soc* 9 (1): 1-6.
- MASON RM. 1993. Chapter 5, Key to superfamilies of Hymenoptera. 1. All recognized superfamilies and some families of disputed superfamily status. In: Goulet and Huber, 1993 – Hymenoptera of the word: An identification guide to families. 668p
- NEL A, PETRULEVICIUS JF and HENROTAY M. 2004. New Early Jurassic sawflies from Luxembourg: the oldest record of Tenthredinoidea (Hymenoptera: “Symphyta”). *Acta Palaeontol Pol* 49 (2): 283–288.
- NEUMANN, VH. 1999. Estratigrafia, Sedimentologia, Geoquímica y Diagenesis de los Sistemas Lacustres Aptiense-Albienses de la Cuenca de Araripe (Noreste de Brasil). *Facultat de Geologia, Universitat de Barcelona, Tese (Doctorado)*, 250 p.
- PONTE FC and APPI CJ. 1990. Proposta de revisão da coluna estratigráfica da Bacia do Araripe. *Anais XXXVI Congresso Brasileiro de Geologia, Natal (RN)*, v. 1, p. 211-226.
- RASNITSYN AP. 1969. Origin and evolution of lower Hymenoptera. *Trudy Paleontologicheskogo Instituta, Akademii Nauk SSSR* 123: 1-196.
- RASNITSYN AP. 1980. Origin and evolution of Hymenoptera. *Trans. Paleontol. Inst.* 174: 1-192
- RASNITSYN AP. 1988. An outline of evolution of hymenopterous insects (order Vespida). *Oriental Insects*, Philadelphia, 22: 115-145.
- RASNITSYN AP. 2002. Superorder Vespidea Laicharting, 1781. Order Hymenoptera Linn, 1758. In: RASNITSYN, A.P.; QUICKE, D.L.J. (Eds), *History of Insects*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht. pp. 242–254.
- RASNITSYN AP and ZHANG HC. 2004a. A new family, Daohugoidae fam. n, of siricomorph hymenopteran (Hymenoptera=Vespida) from the Middle Jurassic of Daohugou in Inner Mongolia (China). *Proceedings of the Russian Entomological Society* 75(1):12-16
- RASNITSYN AP and ZHANG HC. 2004b. Composition and age of the Daohugou hymenopteran (Insecta, Hymenoptera=Vespida) assemblage from Inner Mongolia, China. *Palaeontology* 47:1507-1517.

RESH VH and CARDÉ RT. 2003. Encyclopedia of insects. Academic Press; San Diego, California. 1266pp.

SCHULMEISTER S. 2003. Review of morphological evidence on the phylogeny of basal Hymenoptera (Insecta), with a discussion of the ordering of characters. *Biol J Linn Soc* 79: 209–243.

VILHELMSSEN L. 2003. Phylogeny and classification of the Orussidae (Insecta: Hymenoptera), a basal parasitic wasp taxon. *Zool J Linn Soc* 139: 337-418.

ZHANG H and RASNITSYN AP. 2006. Two new anaxyelid sawflies (Insecta, Hymenoptera, Siricoidea) from the Yixian Formation of western Liaoning, China. *Cretaceous Research* 27: 279-284.

4.3. ARTIGO III - Geodiversidade Conceitos, Aplicações e Estado da Arte no Brasil: Uma Aplicação ao Geopark Araripe (Apêndice 2).

Autores: LUÍS C.B. FREITAS.; CÉSAR ULISSES V. VERÍSSIMO.; RICARDO DE LIMA BRANDÃO.; MARCELO EDUARDO DANTAS.; EDGAR SHINZATO

Publicado na Revista: Estudos Geológicos v. 28(1), 2018. www.ufpe.br/estudosgeologicos

RESUMO

A geodiversidade, que em síntese é um estudo integrado do meio abiótico com base em diversas variáveis, vem se popularizando no mundo e, mais recentemente, no Brasil com os estudos realizados por diversos pesquisadores brasileiros e estrangeiros. Contudo, uma revisão de conceitos e suas aplicações são necessárias, uma vez que o avanço é dinâmico e acelerado. Faz-se aqui, uma revisão dos trabalhos realizados no Brasil, caracterizando as vertentes de pesquisa dentro da geodiversidade e dando ênfase na sua aplicação na gestão territorial. Esta revisão consistiu em uma intensiva pesquisa bibliográfica e um estudo de caso da aplicação de uma das metodologias no Geopark Araripe. Com isto, pretende-se contribuir para a consolidação de conceitos e métodos, principalmente aplicados a mapeamentos de geodiversidade na escala de detalhe.

Palavras Chave: Geoturismo; Patrimônio Geológico; Patrimônio Paleontológico; Cariri; Geoparque.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

As novas espécies fósseis de insetos, sendo a maior vespa já encontrada no Membro Crato e a primeira da superfamília Siricoidea já descrita para a Bacia Sedimentar do Araripe, e a descrição do primeiro grilo fóssil para o Membro Romualdo são descobertas importantes para a paleontologia da BSA, sendo alguns dos poucos holótipos de insetos fósseis da BSA depositados no Brasil.

Em relação ao patrimônio paleontológico em geral, constatou-se que muitos espécimes fósseis necessitam de descrição e deve-se intensificar os estudos no que se refere a identificação e catalogação de espécimes para compor um inventário. Requisito necessário para sua proteção.

Atualmente, no Brasil, uma grande vertente da Geodiversidade encontra-se voltada para fins conservacionistas e gestão do território, resultante de um crescente amadurecimento da visão de proteção do patrimônio geológico da Terra.

A ideia de que o ser humano, desde seus primórdios, é um grande modificador do meio é bem conhecida, no entanto, deve-se observar que o meio também determina os gêneros de vida de um povo. No caso da Bacia Sedimentar do Araripe, e mais especificamente no Vale do Cariri, a história geológica de uma bacia policíclica mesozoica é um grande determinante no gênero de vida da população.

REFERÊNCIAS

- AB'SABER, A.N. Participação das superfícies aplainadas nas paisagens do nordeste brasileiro. *Geomorfologia*, São Paulo, n. 19, p. 1-38, 1969.
- ADAMY, A. (ORG). Geodiversidade do Estado de Rondônia – Porto Velho: CPRM, 2010, 337p.
- ADAMY, A. (ORG). Geodiversidade do Estado do Acre – Porto Velho: CPRM, 2015, 321 p.
- AGUIAR, R.; VERISSIMO, L. S.; COLARES, J.Q.S.; FEITOSA, F. A. C. Evolução do conhecimento geológico e hidrogeológico na bacia sedimentar do araripe. In: XIV Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas, Curitiba. Anais do XIV Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas, 2006.
- AGASSIZ, L. On the fóssil fishes found by Mr. Gardner in the Province of Ceará, in the North of Brasil. **Edinburgh new philosophical journal**. Edinburgh, v.30, p.80-84, 1841.
- ALBUQUERQUE, P. C. G.; SANTOS, C. C.; MEDEIROS, J. S. Avaliação de mosaicos com imagens LandSat TM para utilização em documentos cartográficos em escalas menores que 1.50.000. São José dos Campos: INPE, 2005. Disponível em: <<http://mtc-12.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/iris@1912/2005/09.28.16.52/doc/publicacao.pdf>>. Acesso em: nov. 2018.
- ALMEIDA, S.; ALMEIDA, C. M. Fortaleza de Santa Cruz: Patrimônio Histórico e Geológico de Niterói, RJ. *Santa Cruz Fortress: Historical and Geological Heritage of Niterói, RJ, Brazil*. **Anuário do Instituto de Geociências – UFRJ**, v. 35(1), p.222-235, 2012.
- ALMEIDA, S.; PORTO JR, R. Projeto Ciclo das Rochas: Um Exemplo bem sucedido do Uso do Patrimônio Geológico como Estímulo ao Aprendizado de Ciências Naturais. “*Cycle of Rocks*” Project: a Successful Example of Using Geological Heritage as a Stimulus to the Natural Sciences Learning. **Anuário do Instituto de Geociências- UFRJ**, v. 35-1, p. 28-33, 2012.
- ANDRADE, M.C. O Cariri cearense. **Revista Brasileira de Geografia**, Rio de Janeiro, v. 26 (4), p.549-592, 1964.
- ANTONIOLI, L. Estudo palino-cronoestratigráfico da Formação codó – Cretácio Inferior do Nordeste brasileiro. 265f. Tese de Doutorado, Instituto de Geociências. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro. RJ. 2001.
- ASSINE, M. L. Análise Estratigráfica da Bacia do Araripe, Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Geociências**, v.22(3), p. 289-300, 1992.
- ASSINE, M.L. Bacia do Araripe. **B. Geoci. Petrobras**, Rio de Janeiro, v. 15(2), p. 371-389, maio/nov, 2007.
- ASSINE, M. L. *Sedimentação e Tectônica da Bacia do Araripe, Nordeste do Brasil*. Rio Claro. 124p. (Dissertação de Mestrado, IGCE/UNESP), 1990.

ASSINE, M. L. Paleocorrentes e paleogeografia na bacia do Araripe, Nordeste do Brasil. *Ver. Bras. De Geol.*, v 24, nº 4, p. 223-232, 1994.

ARAI, M.; COIMBRA, J. C.; SILVA TELES JR. A. C. Síntese bioestratigráfica da Bacia do Araripe (Nordeste do Brasil). In: 2º SIMPÓSIO DA BACIA DO ARARIPE BACIAS INTERIORES DO NORDESTE. Resumo das comunicações, p.21, 1997.

ARAI, M.; COIMBRA, J.C.; SILVA-TELLES JR, A.C. Síntese Bioestratigráfica da Bacia do Araripe (Nordeste do Brasil). Coleção Chapada do Araripe, Crato, CE. DNPM/URCA/SBP, v.1, p.109-125, 2001.

AZAR, D.; NEL, A. New Cretaceous psychodid flies from Lebanese amber and Santana Formation (Chapada do Araripe, Brazil) (Diptera). **Annales de la Société entomologique de France**, v.38, p.253-262, 2002.

BACCI, D. C.; PIRANHA, J. M.; BOGGIANI, P. C.; LAMA, E. A. GEOPARQUE - Estratégia de Geoconservação e Projetos Educacionais GEOPARK - *Strategy of Geoconservation and Educational Projects*. **Revista do Instituto de Geociências – USP, Publ. espec.**, São Paulo, v. 5, p. 7-15, 2009.

BANDEIRA, I. C. N. (ORG). Geodiversidade do Estado do Maranhão – Teresina: CPRM, 2013, 294 p.

BANTIM, R.A.M.; SARAIVA, A.A.F.; OLIVEIRA, G.R.; SAYÃO, J.M. “A new toothed pterosaur (Pterodactyloidea: Anhangueridae) from the Early Cretaceous Romualdo Formation, NE Brazil”. **Zootaxa**, v.3869 (3), p.201-223, 2014.

BARBOSA, J. A.; HESSEL, M. H.; NASCIMENTO, M. C.; NEUMANN, V. H. Ocorrência de *Taenidium barreti* na Formação Rio da Batateira, Cretáceo da Bacia do Araripe. **Estudos Geológicos**, v. 16 (1) p. 50-60, 2006.

BARRETO RAMOS, M. A.; DANTAS, M. E.; THEODORIVICZ, A.; MARQUES, V. J.; FILHO, V. O.; MAIA, M.A.M.; PFALTZGRAFF, P.A.S. Metodologia, Estruturação da Base de Dados e organização do Sistema de Informação Geográfica. In: BRANDÃO, R. L.; FREITAS, L. C. B. (ORG.). **Geodiversidade do Estado do Ceará** - Programa Geologia do Brasil. Levantamento da Geodiversidade, Fortaleza: CPRM, p.89-102, 2014.

BARLING, N.; HEADS, S.W.; MARTILL, D.M. A new parasitoid wasp (Hymenoptera: Chalcidoidea) from the Lower Cretaceous Crato Formation of Brazil: The first Mesozoic Pteromalidae. **Cretaceous Research**, v.45, p.258-264, 2013.

BECHLY, G. New Fossil Dragonflies from the Lower Cretaceous Crato Formation of North-East Brazil (Insecta: Odonata). **Stuttgarter Beiträge zur Naturkunde, Serie B**, v. 264, p.1–66, 1998.

BECHLY, G. Chapter 11.1 Insects of the Crato Formation: Introduction. p. 142-149. In: MARTILL D, Bechly G and Loveridge R. (Eds.): The Crato fossil beds of Brazil: Window into an ancient world. Cambridge University Press, Cambridge, 624p. 2007a.

BECHLY, G. Two new fossil dragonfly species (Insecta: Odonata: Anisoptera: Araripegomphidae and Lindeniidae) from the Crato Limestone (Lower Cretaceous, Brazil). **Stuttgarter Beiträge zur naturkunde, Serie B**, v. 296, p.1-16, 2000.

BECHLY, G. Odonata: damselflies and dragonflies. In: MARTILL, D.M, BECHLY, G.; LOVERIDGE, R.F. (eds.), *The Crato Fossil Beds of Brazil: Window into an Ancient World*. Cambridge University Press, p. 184-222, 2007b.

BECHLY, G. Additions to the fossil dragonfly fauna from the Lower Cretaceous Crato Formation of Brazil (Insecta: Odonata). **Palaeodiversity**, v.3 (Suppl), p.11-77, 2010.

BECHLY, G.; UEDA, K. The first fossil record and first New World record for the dragonfly clade Chlorogomphida (Insecta: Odonata: Anisoptera: Araripechlorogomphidae n. fam.) from the Crato Limestone (Lower Cretaceous, Brazil). **Stuttgarter Beiträge zur naturkunde, Serie B**, v.328, p.1-11, 2002.

BECHLY, G. Blattaria: cockroaches and roachoides. In: MARTILL, D.M, BECHLY, G.; LOVERIDGE, R.F. (eds.), *The Crato Fossil Beds of Brazil: Window into an Ancient World*. Cambridge University Press, p. 239-249, 2007b.

BECHLY, G. Isoptera: termites. In: MARTILL, D.M, BECHLY, G.; LOVERIDGE, R.F. (eds.), *The Crato Fossil Beds of Brazil: Window into an Ancient World*. Cambridge University Press, p. 249-262, 2007c.

BECHLY, G.; MAKARKIN, V.N. A new gigantic lacewing species (Insecta: Neuroptera) from the Lower Cretaceous of Brazil confirms the occurrence of Kalligrammatidae in the Americas. **Cretaceous Research**, v. 58, p.135-140, 2016.

BECHLY, G.; NEL, A.; MARTÍNEZ-DELCLÒS, X.; JARZEMBOWSKI, E.A.; CORAM, R.; MARTILL, D.; FLECK, G.; ESCUILLIÉ, F.; WISSHAK, M.M.; MAISCH, M. A revision and phylogenetic study of Mesozoic Aeshnoptera, with description of several new families, genera and species (Insecta: Odonata: Anisoptera). **Neue Paläontologische Abhandlungen**, v.4, p.1-219, 2001.

BELIANI, E.; SCHEINER, T. A Contribuição da Museologia para a Difusão do Patrimônio Geológico do Parque Nacional da Tijuca. *The Contribution of Museology to the Diffusion of the Geological Heritage of the National Park of Tijuca*. **Anuário do Instituto de Geociências – UFRJ**, v. 35-1, p.68-79, 2012.

BENTO, L. C. M.; ARAUJO, M. S.; RODRIGUES, G. S. S. C.; SILVA, V. P. E. RODRIGUES, S. C. Potencial Geoturístico das Quedas D'água de Indianópolis-MG para o Público Escolar: Unindo Ciência e Contemplação. *Geotouristic Potential of Indianópolis Waterfalls in the State of Minas Gerais for Scholars: Uniting Science and Contemplation*. **Anuário do Instituto de Geociências – UFRJ**, v. 35-1, p.152-164, 2012.

BERTHOU, P. Y. Critical analysis of the main publications about the stratigraphical framework of the Paleozoic and Mesozoic sedimentary deposits in the Araripe Basin (northeastern Brazil). In: III Simpósio sobre o Cretáceo do Brasil, Boletim, p. 123-126, 1994.

BEURLEN, K. A geologia pós-algonquiana do sul do Estado de Mato Grosso. **Boletim da Divisão de Geologia e Mineralogia**, v.163, p.1-137, 1956.

BEURLEN K. As condições ecológicas e faciológicas da Formação Santana, na chapada do Araripe (Nordeste do Brasil). **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 43 (suplemento), p. 411-415, 1971.

BEURLEN, K. A geologia da Chapada do Araripe. *An. Acad. Bras. Cienc.*, 34(3):365-370. 1962.

BEURLEN, K. *Geologia e Estratigrafia da Chapada do Araripe*. In: *Conor. Bras. Geol.*, 17. Recife, 1963. *Anais Recife, SBG/SUDENE*, p. 1-47, 1963.

BEURLEN, K. As espécies dos cassiopinae, nova subfamília dos turritellidae, no Cretáceo do Brasil. **Arq Geol**, Recife, v. 5, p.1-44, 1964.

BENSON R.B. Hymenoptera: 2. Symphyta. Section (a). Handbooks for the identification of British insects. Royal Entomological Society of London, London, England. v. VI, Part 2(a), p. 1-50, 1951.

BERTHOU, P. Y. Critical analysis of the main publications about the stratigraphical framework of the Paleozoic and Mesozoic sedimentary deposits in the Araripe Basin (northeastern Brazil). In: III Simpósio sobre o Cretáceo do Brasil, *Boletim*, p. 123-126, 1994.

BIGARELLA, J.J.; ANDRADE, G.O. Considerações sobre a estratigrafia dos sedimentos cenozóicos de Pernambuco (Grupo Barreiras). **Arquivos Instituto Ciências da Terra**, Recife, v. 2. p. 2-14, 1964.

BOOS, A.D.S.; VEGA, C. S. Paleofauna de vertebrados registrada na Formação Santana (Cretáceo), Bacia do Araripe, nordeste do Brasil (Vertebrate paleofauna described for the Santana Formation (Cretaceous), Araripe Basin, northeast of Brazil). **Acta Biológica Paranaense**, Curitiba, v.40(3-4), p.119-127, 2011.

BRANDÃO, R. L.; FREITAS, L. C. B. (ORG.). Geodiversidade do Estado do Ceará - Programa Geologia do Brasil. Levantamento da Geodiversidade, Fortaleza: CPRM. 214 p, 2014.

BRAUN, O. P. G. *Estratigrafia dos Sedimentos da Parte Inferior da Região Nordeste do Brasil (Bacias do Tucano-Jatobá, Mirandiba e Araripe)*. Rio de Janeiro, DNPM/DGM. 75P. (Boletim 236), 1966.

BRANDÃO, C.R.F.; MARTINS-NETO, R.G.; VULCANO, M.A. The earliest known fossil ant (first southern hemisphere Mesozoic record) (Hymenoptera; Formicidae: Myrmeciinae). **Psyche**, v.96(3-4), p.195-208, 1989.

BRANDÃO, R. L.; FREITAS, L. C. B. SIG Geodiversidade do Estado do Ceará - Programa Geologia do Brasil. Levantamento da Geodiversidade, Fortaleza: CPRM. CD ROM, 2010.

BRILHA, J. B. R. Patrimônio Geológico e Geoconservação: A conservação da Natureza na sua Vertente Geológica. Braga: Palimage Editores, 183 p, 2005.

BRILHA, J. B. R. A Importância dos Geoparques no Ensino e Divulgação das Geociências. *The Importance of Geoparks for the Geosciences Teaching and Interpretation*. **Revista do Instituto de Geociências – USP. Publ. espec.**, São Paulo, v. 5, p. 27-33, 2009.

BRITO, I. M. As Unidades Litoestratigráficas da Passagem Jurássico-Cretáceo no Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Geociências**, v.17(2), p.81-85, 1987a.

BRITO, I.M. Nota preliminar sobre uma nova efêmera do Cretáceo do Ceará (Insecta Ephemeroptera). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PALEONTOLOGIA, 10, Rio de Janeiro, 1987. Anais, Rio de Janeiro, **SBP**, p. 593-597, 1987b.

BRITO, P.M.; BERTINI, R.J. MARTILL, D.; SALLES, L.O. *Vertebrate fauna from the Missão Velha Formation (Lower Cretaceous, N.E. Brazil)*. III Simpósio sobre o Cretáceo do Brasil. Rio Claro, SP. Boletim de resumos, Atas, p.139-140, 1994.

BRITO, P.M.; FERREIRA, P. L. N. First hibodont from Chapada do Araripe. **Anais Academia Brasileira de Ciências**, Rio de Janeiro, v.61, p.53-57, 1989.

CAMPELLO, M. S.; RUCHKYS, U. A.; HADDAD, E. A.; MACHADO, M. M. M. Cavidades Naturais da Pedra Grande de Igarapé – Geossítio de Relevância Espeleológica do Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais. *Caves of Pedra Grande de Igarapé Region – Geosite With Speleological Relevance in the Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais*. **Anuário do Instituto de Geociências – UFRJ**, v. 35(1), p. 252-260, 2012.

CARCAVILLA, L.; DURÁN, J. J.; LÓPEZ-MARTINEZ, J. *Geodiversidad: concepto y relación con el patrimonio geológico*. *Geo-Temas*, 10, In: CONGRESO GEOLÓGICO DE ESPAÑA, 7, Las Palmas de Gran Canaria, p.1299-1303, 2008.

CARCAVILLA, L.; DURÁN, J. J.; GARCÍA-CORTÉZ, Á.; LÓPEZ-MARTÍNEZ, J. *Geological Heritage and Geoconservation in Spain: Past, Present, and Future*. **Geoheritage**, v.1, p.75-91, 2009.

CARCAVILLA, L.; DÍAZ-MARTÍNEZ, E.; ERIKSTAD, L.; GARCÍA-CORTÉS, A. Valoración del Patrimonio geológico en Europa. v.70, p.28-40, 2013.

CARMO, D.A.; LAET RAFAEL R.M.; VILHENA, R.M.; TOMASSIC, H. Z. Redescription of *Theriosynoecum silvai* and *Darwinula martinsi*, Crato Member (Santana Formation), Lower Cretaceous, Araripe Basin, NE Brazil. **Revista Brasileira Paleontologia**, v.7, p.151-158, 2004.

CARLE, F.L.; WIGHTON, D.C. Odonata. Insects from the Santana Formation, Lower Cretaceous, of Brazil. **Bulletin of the American Museum of Natural History**, v.195(191), p.51-68, 1990.

CARVALHO, G. K. R; HESSEL, M. H; ARAÚJO, A. L. Himenópteros e a Bacia do Araripe. **Revista de Geologia**, v. 24 (2), p.150 - 171, 2011.

CARVALHO, I.S.; VIANA, M.S.S. Os conchostráceos da bacia do Araripe. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, Rio de Janeiro v.65, p.181-188, 1993.

CARVALHO, I.S. Aspectos legais da comercialização de fósseis e sua influência na pesquisa e no Ensino da Paleontologia no Brasil. *Cadernos IG/Unicamp*. São Paulo, v.3 (1), 1993.

CARVALHO, I. S.; VIANA, M. S. S.; LIMA FILHO, M. F. Os icnofósseis de Dinossauros da bacia do Araripe (Cretáceo Inferior, Ceará-Basil). **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 64 (4), 1995.

CARVALHO, L. M.; HERMES, I.; FREITAS, L. C. B.; CUNHA, F. L. B. RECURSOS MINERAIS. In: PFALTZGRAFF, P. A. S.; TORRES, F. S. DE M. Geodiversidade do Estado do Piauí. 2010 (ORG.), Recife: CPRM, p. 25-36, 2010.

CARVALHO, L. M.; RAMOS, M. A. B. (ORG). Geodiversidade do Estado da Bahia, Salvador: CPRM, 184 p, 2010.

CARVALHO, I. S.; FERNANDES, A. C. S. Icnofósseis. In: Carvalho, I. S. (ed.), Paleontologia. Editora Interciência. RJ, 19-45. 2000.

CARVALHO, M. A. Paleoenvironmental reconstruction based on palynological and palynofacies analyses of the Aptian-Albian succession in the Sergipe Basin, northeastern Brazil. 150f. Tese de Doutorado – Universidade de Heidelberg, Heidelberg, 2001.

CASTRO JC, VALENÇA LMM, NEUMANN VH. Ciclos e Sequências deposicionais das formações Rio da Batateira e Santana (Andar Alagoas), Bacia do Araripe, Brasil – **Geociências Unesp**, v. 25 (30), p.289-296, 2006.

CASSOLA, F.; WERNER, K. A fossil tiger beetle specimen from the Brazilian Mesozoic: *Oxycheilopsis cretacicus* n. gen., n. sp. **Mitteilungen der Miinchener entomologischen Gesellschaft**, v.94, p.75-81, 2004.

CAVALCANTI, V M.M.; VIANA, M.S.S. Revisão estratigráfica da Formação Missão Velha, Bacia do Araripe, Nordeste do Brasil. **Anais da Academia Brasileira Ciências**, v.64(2), p.155-168, 1992.

COSTA LIMA, A. Ninfa de efemerídeo fóssil do Ceará. **Anais da Academia Brasileira Ciências**, v.22, p.419-420, 1950.

CPRM-Serviço Geológico Do Brasil. Mapa geodiversidade do Brasil. Brasília: CPRM; MAPA. Escala 1:2.500.000. 1CD-ROM. Legenda expandida, 2006.

CREPANI, E.; MEDEIROS, J. S. Imagens CBERS + imagens SRTM + mosaicos GeoCover Landsat. Ambiente Spring e TerraView: sensoriamento remoto e geoprocessamento gratuitos aplicados ao desenvolvimento sustentável. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 12., 2005, Goiânia. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2005. 1CD-ROM.

DANTAS, M. E.; SHINZATO, E.; BRANDÃO, R. L.; FREITAS, L. C. B.; TEIXEIRA, W. G. **Cap 2.2. ORIGEM DAS PAISAGENS.** in: BRANDÃO, R. L.; FREITAS, L. C. B. (ORG.). Geodiversidade do Estado do Ceará - Programa Geologia do Brasil. Levantamento da Geodiversidade, Fortaleza: CPRM. 2014, 214 p.

DARLING, D.C.; SHARKEY, M.J. Hymenoptera. In: Grimaldi, D.A. (Ed). Insects from the Santana Formation, Lower Cretaceous of Brazil. **Bulletin of the American Museum of Natural History**, v. 195, p.76-81, 1990.

DELCLÒS, X.; NEL, A.; AZAR, D.; BECHLY, G.; DUNLOP, J.A.; ENGEL, M.S.; HEADS, S.W. The enigmatic Mesozoic insect taxon Chresmodidae (Polyneoptera): new palaeobiological and phylogenetic data, with the description of a new species from the Lower Cretaceous of Brazil. **Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie, Abhandlungen**, v. 247, p.353-381, 2008.

DELPHIM, C. F. M. Patrimônio cultural e geoparque cultural heritage and geopark. **Revista do Instituto de Geociências – USP. Publ. espec.**, São Paulo, v. 5, p. 75-83, 2009.

DEMOULIN, G. Sur une larve siphonuridienne d'éphémère fossile du Brésil. **Bulletin et Annales de la Société Royal Entomologique Belgique**, v.91(11/12), p.270, 1955.

DINO, R. Palinologia, bioestratigrafia e paleoecologia da Formação Alagamar – Cretácio da Bacia Potiguar, Nordeste do Brasil. 299f. Tese de doutorado, Universidade de São Paulo, 1992.

DIGNE – DECLARAÇÃO INTERNACIONAL DOS DIREITOS A MEMÓRIA DA TERRA, DIGNE, 1995. DISPONÍVEL EM: <http://www.progeo.pt/pdfs/direitos.pdf>. Acessado em nov. 2018.

DOWTON, M.; AUSTIN, A.D.; Molecular phylogeny of the insect order Hymenoptera: Apocritan relationships. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, v.91, p.9911-9915, 1994.

DUARTE, L. *Vegetais fósseis da Chapada do Araripe*, Brasil. In: Campos, D. A. et al. – Col. Trab. Paleont./Congr. Bras. Paleont., 1983, DNPM, Brasília, Sér. 27, n.2, p.557-563. 1985.

EBERHARD, R. (ED.). Pattern and process: towards a regional approach to national estate assessment of geodiversity. *Technical series*, nº 2. Australian Heritage Commission; Environment Forest Taskforce, Environment Australia, Canberra, 1997.

EMERSON, A.E. A review of the Mastotermitidae (Isoptera), including a new fossil genus from Brazil. **American Museum Novitates**, v.2236, p.1-46, 1965.

ENGEL, M.S.; CHATZIMANOLIS, S. Early Cretaceous earwigs (Dermaptera) from the Santana Formation, Brazil. **Polskie Pismo Entomologiczne**, v.74(3), p.219-226, 2005.

ENGEL, M.S.; GRIMALDI, D.A. New light shed on the oldest insect. **Nature**, v.427(6975), p.627-630, 2004.

ENGEL, M.S.; HEADS, S.W. Cresmoda neotropica name, in the enigmatic Mesozoic insect taxon Chresmodidae (Polyneoptera): new palaeobiological and phylogenetic data, with the description of a new species from the Lower Cretaceous of Brazil. **Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie, Abhandlungen**, v. 247, p.353-381, 2008.

- FARA, E.; SARAIVA A.A.F.; CAMPOS, D.A.; MOREIRA, J.K.R.; SIEBRA, D.C.; KELLNER, A.W.A. Controlled excavation in the Romualdo Member of the Santana Formation (early Cretaceous, Araripe Basin, northeast Brazil): stratigraphic, palaeoenvironmental and palaeoecological implications. **Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology**. v.218, p.145-160, 2005.
- FARINA, M. Sequência plumbífera do Araripe – mineralização singenética sulfetada no Cretáceo sedimentar brasileiro. *In*: SBG, Congresso Brasileiro de Geologia, 28. **Anais**, Sociedade Brasileira de Geologia, p. 61-76, 1974.
- FERNANDES, A.C.S.; SRIVASTAVA, N.K.; REIS, R.P.B.P.; HENRIQUES, M.H.P.; CARVALHO, I.S. A icnofauna de invertebrados da Formação Arajara (Bacia do Araripe, Cretáceo Inferior). *In*: XL Congresso Brasileiro de Geologia, **Boletim de Resumos**, 443, 1998.
- FONTES, L.R.; VULCANO, M.A. Cupins fósseis do novo mundo. p. 243-295. *In*: FONTES, L.R.; BERTI FILHO, E. (eds.), Cupins: O Desafio do Conhecimento. Piracicaba, FEALQ. 512 p. 1998.
- FLECK, G.; NEL, A. Revision of the Mesozoic family Aeschnidiidae (Odonata: Anisoptera). **Zoologica (Stuttgart)**, v.153, p.1-72, 2003.
- FREITAS, G.M.L. **A problemática Relacionada aos Mecanismos de Proteção do Patrimônio Paleontológico Brasileiro e Suas Consequências**. 2016, 67f. Monografia (direito). FANOR – Faculdades Nordeste, Fortaleza, 2016.
- FREITAS, L.C. B.; MOURA G.J.B.; SARAIVA A.A.F. First Occurrence and Paleo-Ecological Implications of Insects (Orthoptera: Ensifera Gryllidae) in the Romualdo Member of the Santana Formation, Eo-Cretaceous of the Araripe Basin. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v.88, p. 2113-2120, 2016.
- FREITAS, L.C.B.; VERÍSSIMO, C.U.V.; BRANDÃO, R. L; DANTAS, M. E.; SHINZATO, E. Geodiversidade Conceitos, Aplicações e Estado da Arte no Brasil: Uma Aplicação ao Geopark Araripe. **Estudos Geológicos**. v. 28(1), 2018.
- GARCIA, M. G. M. Gondwana Geodiversity and Geological Heritage: Examples from the North Coast of São Paulo State, Brazil. Geodiversidade do Gondwana e Patrimônio Geológico: Exemplos da Costa Norte do Estado de São Paulo, SP. **Anuário do Instituto de Geociências – UFRJ**, v. 35(1), p.101-111, 2012.
- GAROFANO, M. Challenges in the Popularization of the Earth Sciences. Geotourism as a New Medium for the Geology Dissemination. Desafios da Popularização das Ciências da Terra. Geoturismo como um Novo Meio Para a Disseminação da Geologia. **Anuário do Instituto de Geociências – UFRJ**, v. 35-1, p.34-41, 2012.
- GASPARY, J.; ANJOS, N. da F. R. Dos. Estudo Hidrogeológico de Juazeiro do Norte – Ceará. Recife, SUDENE, Série Hidrogeologia 3. 25p, 1964.
- GRAY, M. *Geodiversity: valuing and conserving abiotic nature*. New York: John Wiley e Sons, 434 p. 2004.

- GRATSHEV, V.G.; LEGALOV, A.A. The Mesozoic stage of evolution of the family Nemonychidae (Coleoptera, Curculionoidea). **Paleontological Journal**, v.48 (8), p.851- 944, 2014.
- GOODWYN, P.J.P. A new genus of water measurer from the Lower Cretaceous Crato formation in Brazil (Insecta: Heteroptera: Gerromorpha: Hydrometridae). **Stuttgarter Beitrage zur naturkunde, Serie B**, v. 316, p. 1-9, 2002.
- GRIMALDI, D.; ENGEL, M.S. Evolution of the Insects. Part of Cambridge Evolution Series, 265 b/w illus. 400 colour illus. 2005.
- GRIMALDI D. Insects from the Santana Formation, Lower Cretaceous, of Brazil. **Bulletin of the American Museum of Natural History**, v.195, p.5-191, 1990.
- GRIMALDI, D.A. A revision of Cretaceous mantises and their relationships, including new taxa (Insecta: Dictyoptera: Mantodea). **American Museum Novitates**, v.3412, p.1-47, 2003.
- GRIMALDI, D.A. Meiaternes hariolus name in the species of Isoptera (Insecta) from the Early Cretaceous Crato Formation: a revision. **American Museum Novitates**, v.3626, p.18, 2008.
- GRIMALDI, D.; ENGEL, M.S. Evolution of the Insects. Part of Cambridge Evolution Series, 265 b/w illus. 400 colour illus. 2005.
- GRIMALDI, D.A.; ENGEL, M.S.; KRISHNA, K. The species of Isoptera (Insecta) from the Early Cretaceous Crato Formation: a revision. **American Museum Novitates**, v.3626, p.1-30, 2008.
- GUIMARÃES, G. B.; MELO, M. S.; MOCHIUTTI, N. F. Desafios da Geoconservação nos Campos Gerais do Paraná The Challenges of Geoconservation in the Campos Gerais of Paraná. **Revista do Instituto de Geociências – Publ. espec.**, São Paulo, v.5, p. 47-61, 2009.
- GULLAN, P.J.; CRANSTON, P.S. The Insects: An Outline of Entomology. Hoboken, John Wiley & Sons. 584 p, 2010.
- GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. (ORG.). Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos. 4. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2001.
- GVIRTZMAN, G.; WEISSBROD, T.; BAER, G.; BRENNR, G. J., The age of th Apitian Ttag and its magnetic events: new Ar-Ar ages and. Palomagnetic data from the negev, Israel. *Cretaceous Research*, 17: 293-310, 1996.
- HAAS, F. Dermaptera: earwigs. In: MARTILL, D.M, BECHLY, G.; LOVERIDGE, R.F. (eds.), The Crato Fossil Beds of Brazil: Window into an Ancient World. Cambridge University Press, p. 222-234, 2007.

HAMILTON, K.G.A. Homoptera. In: GRIMALDI, D. (ed.), Insects from the Santana Formation, Lower Cretaceous of Brazil. **Bulletin of the American Museum of Natural History**, v.195, p.82-122, 1990.

HASHIMOTO A.T.; APPI C.J.; SOLDAN A.L.; CERQUEIRA J.R. O neo-Alagoas nas Bacias do Ceara, Araripe e Potiguar (Brasil); caracterização estratigráfica e paleoambiental. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 17(2), p.118-122, 1987.

HEADS, S.W. The first fossil Proscopiidae (Insecta, Orthoptera, Eumastacoidea) with comments on the historical biogeography and evolution of the family. **Palaeontology**, v.51(2), p.499-507, 2008.

HEADS, S.W.; MARTILL, D.M.; LOVERIDGE, R.F. Palaeontological paradise: The Cretaceous Crato Formation of Brazil. **Antenna**, v.32, p.91-98, 2008.

HEADS, S.W.; MARTINS NETO, R.G. Orthopterida: grasshoppers, crickets, locusts and stick insects in: The Crato Fossil Beds of Brazil: Window into an Ancient World, p.265-283, 2007.

HEADS, S.W.; MARTILL, D.M.; LOVERIDGE, R.F. An exceptionally preserved antlion (Insecta, Neuroptera) with colour pattern preservation from the Cretaceous of Brazil. **Palaeontology**, v.48(6), p.1409-1417, 2005.

HEIMHOFER, U.; ARIZTEGUI, D.; LENNIGER, M.; HESSELBO, S. P.; MARTILL, D. M.; RIOS-NETTO, A. M. Deciphering the depositional environment of the laminated Crato fossil beds (Early Cretaceous, Araripe Basin, North-eastern Brazil). **Sedimentology**, v.57 (2), p. 677-694, 2010.

HIRAYAMA, R. Oldest known sea turtle. **Nature**, v.392, p.705-707, 1998.

HOLANDA, J.L.R.; MARMOS, J. L.; MAIA, M. A. M. (ORG.). Geodiversidade do Estado de Roraima – Manaus: CPRM, 252 p, 2014.

HUBER, J. I.; SHARKEY, M. J. Chapter 3: Structure, p.13-59, in: GOULET, H.; HUBER, J. T. Hymenoptera of the world: An identification guide to families. **Research Branch Agriculture Canada Publication 1894/E**, 680p. 1993

INPE. TOPODATA - Banco de Dados Morfométricos do Brasil.
<http://www.dsr.inpe.br/topodata/index.php>. 2018.

JATTIOT, R.; BECHLY, G.; GARROUSTE, R.; NEL, A. An enigmatic Nepoidea from the Lower Cretaceous of Brazil (Hemiptera: Heteroptera). **Cretaceous Research**, v.34, p.344-347, 2012.

JARZEMBOWSKI, E. A.; MARTÍNEZ-DELCLÒS, X.; BECHLY, G.; NEL, A.; CORAM, R.; ESCUILLIÉ, F. The Mesozoic non-calopterygoid Zygoptera: description of new genera and species from the Lower Cretaceous of England and Brazil and their phylogenetic significance (Odonata, Zygoptera, Coenagrionoidea, Hemiphlebioidea, Lestoidea). **Cretaceous Research**, v. 9(3), p.403-444, 1998.

JEPSON, J.E.; ANSORGE, J.; JARZEMBOWSKI, E.A. New snakeflies (Insecta: Raphidioptera) from the Lower Cretaceous of the UK, Spain and Brazil. **Palaeontology**, v.54(2), p.385-395, 2011.

JEPSON, J. E.; HEADS, S. W. Fossil Megaloptera (Insecta: Neuropterida) from the Lower Cretaceous Crato Formation of Brazil, **Zootaxa**, v. 4098(1), p.134–144, 2016.

JATTIOT, R.; BECHLY, G.; GARROUSTE, R.; NEL, A. An enigmatic Nepoidea from the Lower Cretaceous of Brazil (Hemiptera: Heteroptera). **Cretaceous Research**, v.34, p.344-347, 2012.

JOÃO, X. S. J.; TEIXEIRA, S. G.; FONSECA, D. D. F. (ORG.). Geodiversidade do Estado do Pará, Belém: CPRM. 258p, 2013.

JOÃO, X. S. J., TEIXEIRA, S. G. (ORG.). Geodiversidade do Estado do Amapá, Belém, CPRM, 138 p, 2016.

KELLNER, A.W.A. Ocorrência de uma mandíbula de pterosauria (*Brasileodactylus araripensis*, nov. gen. nov. sp.) na Formação Santana, Cretáceo da Chapada do Araripe, Ceará, Brasil. Anais do 33º Congresso Brasileiro de Geologia, v.2, p.578-590, 1984.

KELLNER, A.W.A. Ocorrência de um novo crocodiliano no Cretáceo Inferior da Bacia do Araripe, Nordeste do Brasil. **Anais Academia Brasileira de Ciências**, Rio de Janeiro, v.59, p.219-232, 1987.

KELLNER, A.W.A. Short note on a new dinosaur (Theropoda, Coelurosauria) from the Santana Formation (Romualdo Member, Albian), northeastern Brazil. **Boletim do Museu Nacional (ser. Geologia)**, v. 49, p.1-8, 1999.

KELLNER, A.W.A. Membro Romualdo da Formação Santana, Chapada do Araripe, CE - Um dos mais importantes depósitos fossilíferos do Cretáceo brasileiro. In: In: SCHOBENHAUS, C; CAMPOS, D.A; QUEIROZ, E.T; WINGE, M; BERBERT-BORN, M. (Eds), **Sítios Geológicos e Paleontológicos do Brasil**, DNPM/CPRM/SIGEP, p. 121-130, 2002.

KELLNER, A.W.A.; CAMPOS, D.A. Primeiro registro de amphibia (Anura) do Cretáceo Inferior da Bacia do Araripe, Nordeste do Brasil. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v.58(4), p.610, 1986.

KELLNER, A.W.A.; TOMIDA, Y. Description of a new species of Anhangueridae (Pterodactyloidea) with comments on the pterosaur fauna from the Santana Formation (Aptian-Albian), northeastern Brazil. **National Science Museum Monographs**, Tokyo v.17, p.1-135, 2000.

KING, L.C. Canons of landscape evolution. **Bulletin of the Geological Society of America**, New York, v. 64(7), p. 721-732, 1953.

KRISHNA, K. Isoptera. **Bulletin of the American Museum of Natural History**, v.195, p.76-81, 1990.

- KROGMANN, L.; ENGEL, M. S.; BECHLY, G.; NEL, A. Lower Cretaceous origin of long-distance mate finding behaviour in Hymenoptera (Insecta). **Journal of Systematic Palaeontology**, v.11(1), p.83-89, 2013.
- KRZEMIŃSKI, W.; KANIA, I.; LUKASHEVICH, E. The first South American record of fossil Eoptychopterinae (Ptychopteridae, Diptera) from Lower Cretaceous Santana Formation. **Cretaceous Research**, v.52, p.548-555, 2015.
- KRZEMIŃSKI, W.; KOPEĆ, K.; KANIA, I. New and little known species from the genus *Leptotarsus* Guerin-Meneville, 1831 (Diptera: Tipulidae) from the Lower Cretaceous of Northern Brazil. **Cretaceous Research**, v. 78, p. 103 – 108, 2017.
- LEE, S.W. New Lower Cretaceous basal mantodean (Insecta) from the Crato Formation (NE Brazil). **Geologica Carpathica**, v.65(4), p.285-292, 2014.
- LEE, S.W. Taxonomic diversity of cockroach assemblages (Blattaria, Insecta) of the Aptian Crato Formation (Cretaceous, NE Brazil). *Geologica Carpathica*, v.67(5), p.433-450, 2016.
- LEE, S.W. A revision of the orders Blattaria, Mantodea and Orthoptera (Insecta) from the Lower Cretaceous Crato Formation of Northeast Brazil. *der Mathematisch-Naturwissenschaftlichen Fakultät der Eberhard Karls Universität Tübingen zur Erlangung des Grades eines Doktors der Naturwissenschaften (Dr. rer. nat.)*, 251 p. 2011.
- LICCARDO, A.; CHIEREGATI, L. A. A Extração de Diamantes na História ecológica e Mineral no Paraná. *Boletim Paranaense de Geociências*, v. 70, p.166-179, 2013.
- LICCARDO, A.; MANTESSO-NETO, V.; PIEKARZ, G. F. Geoturismo Urbano – Educação e Cultura. Urban Geotourism – Education and Culture. **Anuário do Instituto de Geociências – UFRJ**, v. 35-1, p.133-141, 2012.
- LICCARDO, A.; HORNES, K. L. Diamante de Tibagi no Paraná - Patrimônio Geológico-Mineiro e Cultural. Diamond From Tibagi in Paraná – Geological-Mining And Cultural Heritage. *Anuário do Instituto de Geociências – UFRJ*, v. 35-1, p.142-151, 2012.
- LIMA, F.J.; SARAIVA, A.A.F.; SAYÃO J.M.; Revisão da Paleoflora das Formações Missão Velha, Crato e Romualdo, Bacia do Araripe, Nordeste do Brasil. **Estudos Geológicos**, v.22, p.99-115, 2012.
- LIMA, M.R. Palinologia da Formação Santana (Cretáceo do Nordeste do Brasil). Introdução geológica e descrição sistemática dos polens da subturma Azonotriletes. *Ameghiniana*. v.15, p.333-365, 1978a.
- LIMA, M.R. *O paleoambiente deposicional da Formação Santana (Grupo Araripe) segundo evidências palinológicas*. In: *Anais do XXX CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA*, Recife - PE. v.2, p. 970-974, 1978b.
- LIMA, M.R. Palinologia da Formação Santana (Cretáceo do Nordeste do Brasil). III. Descrição sistemática dos polens da Turma Plicates (Subturma Cortates). *Ameghiniana – Revista de la Asociación Paleontológica Argentina*, v.17 (1), p.15 – 47, 1980.

LIMA, M.R.; PERINOTO, J.A.J. Palinologia de sedimentos da parte superior da Formação Missão Velha, Bacia do Araripe. *Geociências*, São Paulo, v. 3, p. 67 – 76, 1984.

LINNAEUS C. *Systema Naturae per Regna Tria Naturae: secundum classes, ordines, genera, species cum characteristibus, differentiis synonymis, locis*, Tenth ed., revised. Laurentius Salvius, Holmiae, 824 p. 1758.

LOPES, L.S.D.O.; ARAÚJO, J.L.L.; NASCIMENTO, M.A.L. Valores de Uso Turístico dos Geossítios de Sete Cidades (PI). Using Values of Tourism Geosites Seven Cities (PI). *Anuário do Instituto de Geociências – UFRJ*, v. 35-1, p. 209-221, 2012.

MABESOONE, J. M.; CASTRO, C. Desenvolvimento geomorfológico do nordeste brasileiro. *Boletim do Núcleo do Nordeste da Sociedade Brasileira de Geologia*, Recife, n. 3, p.5-37, 1975.

MABESOONE, J. M. Panorama geomorfológico do nordeste brasileiro. *Geomorfologia*, São Paulo, n. 56, 1978.

MABESOONE, J.M.; TINOCO, I.M. Paleogeography of Aptian Santana Formation (Northeastern Brazil). *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, v.14, p.87-118, 1973.

MACHADO, M. F.; SILVA, S. F. Geodiversidade do Estado de Minas Gerais (Org.), Belo Horizonte: CPRM. 131 p. 2010.

MAIA, M. A. M.; MARMOS, J. L. (ORG.). Geodiversidade do Estado do Amazonas, Manaus: CPRM, 275 p. 2010.

MAISEY, J.G. *Santana Fossils: An Illustrated Atlas*. New Jersey: T.F.H. Publications, Neptune City, 459 p. 1991.

MAKARKIN, V.N.; MENON, F. New species of the Mesochrysopidae (Insecta, Neuroptera) from the Crato Formation of Brazil (Lower Cretaceous), with taxonomic treatment of the family. *Cretaceous Research*, v.26(5), p.801-812, 2005.

MAKARKIN, V.N.; MENON, F. First record of fossil ‘rapismatid-like’ Ithonidae (Insecta, Neuroptera) from the Lower Cretaceous Crato formation of Brazil. *Cretaceous Research*, v.28(5), p.743-753, 2007.

MANSUR, K. L.; PONCIANO, L. C. M. O. P.; CASTRO, A. R. S. F.; CARVALHO, I.S. Conservação e Restauro do Patrimônio Geológico E Sua Relevância Para a Geoconservação. *Boletim Paranaense de Geociências*, v. 70, p.137-155, 2013a.

MANSUR, K. L.; ROCHA, A. J. D.; PEDREIRA, A.J.; SCHOBENHAUS, C., SALAMUNI, E., F. C.; PIEKARZ, G.; WINGE, M.; NASCIMENTO, M.A.L.; RIBEIRO, R. R. Iniciativas Institucionais de Valorização do Patrimônio Geológico do Brasil. *Boletim paranaense de geociências*, v. 70, p.2-27, 2013b.

MANSUR, K. L. Projetos Educacionais para a Popularização das Geociências e para a Geoconservação Educational Projects for the Public Understanding of Geosciences and Geoconservation. **Revista do Instituto de Geociências – Publ. espec.**, São Paulo, v. 5, p. 63-74, 2009.

MANTESSO-NETO, V.; MANSUR, K. L.; RUCHKYS, U.; NASCIMENTO, M. A. L. O Que Há de Geológico nos Atrativos Turísticos Convencionais no Brasil. The Geological Content of Conventional Tourist Attractions in Brazil. **Anuário do Instituto de Geociências – UFRJ**, v. 35-1, p.49-57, 2012.

MANTESSO-NETO, V.; RIBEIRO, R. R.; GARCIA, M. G. M.; LAMA, E. A.; THEODOROVICZ, A. Patrimônio Geológico no Estado de São Paulo. **Boletim Paranaense de Geociências**, v.70, p. 53-76, 2013.

MARCHAN, C.; SÁNCHEZ, A. *Consideraciones Sobre El Patrimonio Minero Desde La Perspectiva de un Servicio Geológico Nacional*. **Boletim Paranaense de Geociências**, v.70, p. 77-86, 2013.

MARQUES, F.O.; NOGUEIRA, F.C.C.; BEZERRA, F.H.R.; DE CASTRO, D.L. The Araripe Basin in NE Brazil: An intracontinental graben inverted to a high-standing horst. **Tectonophysics**, v. 630, p. 251-264, 2014.

MARTILL, D.M.; NEL, A. A new dragonfly from the Crato Formation (Lower Cretaceous, Aptian) of NE Brazil. **Neues Jahrbuch für Geologie und Palaontologie- Monatshefte**, v.5, p.279-292, 1996.

MARTILL, D.M.; CRUICKSHANK, A.R.I, FREY, E.; SMAL P.G.; CLARKE, M. A new crested maniraptoran dinosaur from the Santana Formation (lower cretaceous) of Brazil. **J. Geol. Soc.**, London, v.153, p.5-8, 1996.

MARTILL, D.M. Fossils of the Santana and Crato formations, Brazil. Field Guides to Fossils, 5. Palaeontological Association, London, 159 pp. 1993.

MARTILL, D.M.; BECHLY, G.; LOVERIDGE, R.F. The Crato Fossil Beds of Brazil: Window into an Ancient World. Cambridge University Press, New York, 625 p. 2007.

MARTILL, D.M.; NEL, A. A new dragonfly from the Crato Formation (Lower Cretaceous, Aptian) of NE Brazil. **Neues Jahrbuch für Geologie und Palaontologie- Monatshefte**, v.5, p. 279-292, 1996.

MARTILL, D.M. First pterosaur remains from the Exu Formation (Cretaceous) of the Araripe Basin, Brazil - Zitteliana B28 243 - 248 4 Textfifi gs, 1Pl. München, 2008.

MARTINI, G. Geoparks... A Vision for the Future Geoparques... Uma Visão Sobre o Futuro. **Revista do Instituto de Geociências – Publ. espec.**, São Paulo, v. 5, p. 85-90, 2009.

MARTINS-NETO, R.G. The family Locustopsidae (Insecta, Caelifera) in the Santana Formation (Lower Cretaceous, Northeast Brazil). I - Description of two new species of the genus *Locustopsis* Handlirsch and three new species of the genus *Zessinia* n. gen. In:

SIMPÓSIO SOBRE A BACIA DO ARARIPE E BACIAS INTERIORES DO NORDESTE, 1, Crato, 1990. Anais, Crato, Departamento Nacional da Produção Mineral, p. 227-291, 1990c.

MARTINS-NETO, R.G. Um novo gênero e duas novas espécies de Tridactylidae (Insecta, Caelifera) da Formação Santana (Cretáceo Inferior do Nordeste do Brasil). **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v.62(1), p.51-59, 1990d.

MARTINS-NETO, R.G. A new genus of the Family Locustopsidae (Insecta, Caelifera) in the Santana Formation (Lower Cretaceous, Northeast Brazil). **Revista Española de Paleontologia**, v. 13(2), p.133-138, 1998a.

MARTINS-NETO, R.G. Review of some insecta from Mesozoic and Cenozoic Brazilian deposits with descriptions of new taxa. **Acta Geologica Leopoldensia**, v. 24 (52/53), p.115-124, 2001b.

MARTINS-NETO, R.G. Systematic of the Caelifera (Insecta, Orthopteroidea) from Santana Formation, Araripe Basin (Lower Cretaceous, Northeast Brazil), with a review of the Family Locustopsidae Handlirsch. **Acta Zoologica Cracoviensia**, v. 46 (Suppl. Fossil Insects), p. 205-228, 2003.

MARTINS-NETO, R.G. “*Conan barbarica*” n. gen. et n. sp (Insecta, Coleoptera, Coptoclavidae): uma gigantesca larva da Formação Santana, Cretáceo Inferior, Bacia do Araripe, Brasil. **Geociências**, v.17(1), p.109-114, 1998b.

MARTINS-NETO, R.G. Estágio Atual da Paleoartropodologia Brasileira: Hexápodes, Miriápodes, Crustáceos (Isopoda, Decapoda, Eucrustacea e Copepoda) e Quelicerados. **Arq. Mus. Nac.**, Rio de Janeiro, v.63(3), p. 471-494, 2005.

MARTINS-NETO, R.G. Insetos fósseis como bioindicadores em depósitos sedimentares: um estudo de caso para o cretáceo da Bacia do Araripe (Brasil). **Rev. Bras. Zoocienc.**, UFJF, v.8(2), p.155-183, 2006.

MARTINS-NETO, R.G.; MELO, A.C.; PREZOTO, F. A New Species of Wasp (Symphyta, Sepulcidae) from the Santana Formation (Lower Cretaceous, Northeast Brazil). **J. Ent. Res. Soc.**, v. 9 (1), p.1-6, 2007.

MARTINS-NETO, R.G. Novos registros de paleontinídeos (Insecta, Hemiptera) na Formação Santana (Cretáceo Inferior), Bacia do Araripe, Nordeste do Brasil. **Acta Geologica Leopoldensia**, v. 21(46/47), p.69-74, 1998d.

MARTINS-NETO, R.G. A paleoentomofauna brasileira: estágio atual do conhecimento. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PALEONTOLOGIA, 10, Rio de Janeiro, 1987. Anais, Rio de Janeiro, **SBP**, p. 567-591. 1987a.

MARTINS-NETO, R.G. Um novo gênero de Orthoptera (Insecta, Grylloidea) da Formação Santana, Bacia do Araripe (Cretáceo Inferior), Nordeste do Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PALEONTOLOGIA, 10, Rio de Janeiro, 1987. **Anais**, Rio de Janeiro, **SBP**, p. 599-609. 1987b.

MARTINS-NETO, R.G. A new fossil insect (Homoptera Cixiidae) from the Santana Formation Araripe Basin N.E. Brasil. *Interciencia* (Venezuela), v.13 (6), p. 313-316. 1988a.

MARTINS-NETO, R.G. A new genus and species of Cixiidae (Homoptera, Fulgoroidea) from the Santana formation (Lower Cretaceous), Araripe Basin northeast Brazil. ***Acta Geologica Leopoldensia***, v.26(11), p.7-14, 1988b.

MARTINS-NETO, R.G. Primeiro registro de Phasmatodea (Insecta, Orthopteromorpha) na Formação Santana, Bacia do Araripe (Cretáceo Inferior), Nordeste do Brasil. ***Acta Geologica Leopoldensia***, v.28(12), p.91-104, 1989a.

MARTINS-NETO, R.G. Neurópteros (Insecta: Planipennia) da Formação Santana (Cretáceo Inferior), Bacia do Araripe, Nordeste do Brasil. VI – Ensaio filogenético das espécies do gênero *Blittersdorffia* Martins-Neto & Vulcano, com descrição de nova espécie. ***Acta Geologica Leopoldensia***, v.13, p.3-12, 1990a.

MARTINS-NETO, R.G. Primeiro registro de Dermaptera (Insecta, Orthopteromorpha) na Formação Santana (Cretáceo Inferior), Bacia do Araripe, Nordeste do Brasil. ***Revista Brasileira de Entomologia***, v.34(4), p.775-784, 1990b.

MARTINS-NETO, R.G. The family Locustopsidae (Insecta, Caelifera) in the Santana Formation (Lower Cretaceous, Northeast Brazil). I - Description of two new species of the genus *Locustopsis* Handlirsch and three new species of the genus *Zessinia* n. gen. In: SIMPÓSIO SOBRE A BACIA DO ARARIPE E BACIAS INTERIORES DO NORDESTE, 1, Crato, 1990. Anais, Crato, Departamento Nacional da Produção Mineral, p. 227-291, 1990c.

MARTINS-NETO, R.G. Um novo gênero e duas novas espécies de Tridactylidae (Insecta, Caelifera) da Formação Santana (Cretáceo Inferior do Nordeste do Brasil). ***Anais da Academia Brasileira de Ciências***, v.62(1), p.51-59, 1990d.

MARTINS-NETO, R.G. *Cratogryllus cigueli*, nova espécie de Ensifera (Insecta, Grylloidea) da Formação Santana (Cretáceo Inferior), Bacia do Araripe, Nordeste do Brasil. ***Acta Geologica Leopoldensia***, v.33, p.153-156, 1991a.

MARTINS-NETO, R.G. Sistemática dos Ensifera (Insecta, Orthopteroida) da Formação Santana, Cretáceo Inferior do Nordeste do Brasil. ***Acta Geologica Leopoldensia***, v.32(14), p.3-162, 1991b.

MARTINS-NETO, R.G. Neurópteros (Insecta, Planipennia) da Formação Santana (Cretáceo Inferior), Bacia do Araripe, Nordeste do Brasil. V. Aspectos filogenéticos, paleoecológicos, palaeobiogeográficos e descrição de novos taxa. ***Anais da Academia Brasileira de Ciências***, v.64(2), p.117-148, 1992a.

MARTINS-NETO, R.G. Neurópteros (Insecta: Planipennia) da Formação Santana (Cretáceo Inferior), Bacia do Araripe, Nordeste do Brasil. VII. Palaeoleontinae, nova subfamília de Myrmeleontidae e descrição de novos táxons. ***Revista Brasileira de Entomologia***, v.36(4), p.803-815, 1992b.

MARTINS-NETO, R.G. Neurópteros (Insecta, Planipennia) da Formação Santana (Cretáceo Inferior), Bacia do Araripe, Nordeste do Brasil. IX - Primeiros resultados da composição da fauna e descrição de novos táxons. **Acta Geologica Leopoldensia**, v.17(39), p.269-288, 1994.

MARTINS-NETO, R.G. Araripeleucostidae fam. n., nova família de gafanhotos (Insecta, Caelifera) da Formação Santana, Cretáceo Inferior do Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Entomologia**, v.39(2), p.311-319, 1995a.

MARTINS-NETO, R.G. Complementos ao estudo sobre os Ensifera (Insecta, Orthopteroida) da Formação Santana, Cretáceo Inferior do Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Entomologia**, v.39(2), p.321-345, 1995b.

MARTINS-NETO, R.G. New mayflies (Insecta, Ephemeroptera) from the Santana Formation (Lower Cretaceous), Araripe Basin, northeastern Brazil. **Revista Espanõla de Paleontologia**, v.11(2), p.177-192, 1996.

MARTINS-NETO, R.G. Neurópteros (Insecta, Planipennia) da Formação Santana (Cretáceo Inferior), Bacia do Araripe, Nordeste do Brasil. X - Descrição de novos táxons (Chrysopidae, Babinskaiidae, Myrmeleontidae, Ascalaphidae e Psychopsidae). **Revista Universidade de Guarulhos**, Ciências Exatas e Tecnológicas, v.2(4), p. 68-83, 1997a.

MARTINS-NETO, R.G. A new genus of the Family Locustopsidae (Insecta, Caelifera) in the Santana Formation (Lower Cretaceous, Northeast Brazil). **Revista Española de Paleontologia**, v.13(2), p.133-138, 1998a.

MARTINS-NETO, R.G. Neurópteros (Insecta, Planipennia) da Formação Santana (Cretáceo Inferior), Bacia do Araripe, Nordeste do Brasil. XI - Descrição de novos táxons de Myrmeleontidae (Palaeoleontinae e Pseudonymphinae). **Revista Universidade Guarulhos**, Ciências Biológicas e da Saúde, v.3(1), p.38-42, 1998c.

MARTINS-NETO, R.G. Novos registros de paleontinídeos (Insecta, Hemiptera) na Formação Santana (Cretáceo Inferior), Bacia do Araripe, Nordeste do Brasil. **Acta Geologica Leopoldensia**, v. 21(46/47), p. 69-74, 1998d.

MARTINS-NETO, R.G. A new subfamily of Ensifera (Insecta, Grylloidea) from the Santana Formation (Lower Cretaceous), Araripe Basin, NE Brasil. In: INTERNATIONAL PALAEOENTOMOLOGICAL CONFERENCE, 1, Moscou, 1998. Proceedings, Moscou, p. 91-97, 1999a.

MARTINS-NETO, R.G. La Paleoentomofauna Brasileña. Estado actual del conocimiento. **Revista de la Sociedad Entomológica Argentina**, v.58, p.71-85, 1999b.

MARTINS-NETO, R.G. New genus and new species of Lepidoptera (Insecta, Eolepidopterigidae) from Santana Formation (Lower Cretaceous, northeast Brazil). In: SIMPÓSIO SOBRE O CRETÁCEO DO BRASIL, 5, Serra Negra, 1999. Boletim, Serra Negra, SBG, p. 531-535, 1999c.

MARTINS-NETO, R.G. Primeiro registro de Trichoptera (Insecta) na Formação Santana (Cretáceo Inferior), Bacia do Araripe, Nordeste do Brasil, com descrição de sete novos táxons. Coleção Chapada do Araripe, v.1, p.212-226, 2001a.

MARTINS-NETO, R.G. Review of some insecta from Mesozoic and Cenozoic Brazilian deposits with descriptions of new taxa. **Acta Geologica Leopoldensia**, v.24(52/53), p.115-124, 2001b.

MARTINS-NETO, R.G. The Santana Formation paleoentomofauna reviewed. Part I - Neuropteroida (Neuroptera and Raphidioptera): systematic and phylogeny, with description of new taxa. **Acta Geologica Leopoldensia**, v.25(55), p.35-66, 2002.

MARTINS-NETO, R.G. Systematic of the Caelifera (Insecta, Orthopteroidea) from Santana Formation, Araripe Basin (Lower Cretaceous, Northeast Brazil), with a review of the Family Locustopsidae Handlirsch. **Acta Zoologica Cracoviensia**, v.46 (Suppl. Fossil Insects), p. 205-228, 2003.

MARTINS-NETO, R.G. Estágio atual da paleoartropodologia brasileira: hexápodes, miriápodes, crustáceos (Isopoda, Decapoda, Eucrustacea e Copepoda) e quelicerados. Arquivos do Museu Nacional, v. 63(3), p.471-494, 2005a.

MARTINS-NETO, R. G. New Neuroptera from Crato Formation, Lower Cretaceous, Araripe Basin, northeast Brazil. **Gaea**, v.1, p.5-10, 2005b.

MARTINS-NETO, R.G. Systematic Paleontology in a new species of wasp (Symphyta, Sepulcidae) from the Santana Formation (Lower Cretaceous, Northeast Brazil). **Journal of the Entomological Research Society**, v.9, p.1-6, 2007a.

MARTINS-NETO, R.G. Taxonomic names. In: MARTINS-NETO, R.G., A review of the South American Palaeozoic entomofauna part I: the Ischnoneuroidea and Cacurgoidea, with description of new taxa. *African Invertebrates*, v.48, p.87-101, 2007b.

MARTINS-NETO, R.G.; CALDAS, E.B. Efêmeras escavadoras (Insecta, Ephemeroptera, Ephemeroidea) na Formação Santana (Cretáceo Inferior), Bacia do Araripe, Nordeste do Brasil: descrição de três novos gêneros e três novas espécies (ninfas). In: SIMPÓSIO SOBRE A BACIA DO ARARIPE E BACIAS INTERIORES DO NORDESTE, 1, Crato, 1990. Anais, Crato, DNPM, p. 265-275, 1990.

MARTINS-NETO, R.G.; KUCERA-SANTOS, J.C. Um novo gênero e nova espécie de mutuca (Insecta, Diptera, Tabanidae) da Formação Santana (Cretáceo Inferior), Bacia do Araripe, Nordeste do Brasil. **Acta Geologica Leopoldensia**, v.17(39), p. 289-297, 1994.

MARTINS-NETO, R.G.; NEL, A. Un nouveau fossile de raphidioptère de la Formation Santana, Cretáce Inférieur del Brésil (Neuropteroidea, Raphidioptera). **Bulletin Société Entomologique du France**, v.97(5), p.425-428, 1992.

MARTINS-NETO, R.G.; PESENTI, M. The first fossil Termitidae (Isoptera) from the Oligocene of South America: the Entre-Córregos Formation of the Aiuruoca Basin, Minas Gerais, Brazil. **Journal of the Entomological Research Society**, v.8(3), p.63-68, 2006.

MARTINS-NETO, R.G.; ROHN, R. Primeiro registro de inseto na Formação Rio do Rasto, Bacia do Paraná, com descrição de novo táxon. **Geociências**, v.15, p.243-251, 1996.

MARTINS-NETO, R.G.; KUCERA-SANTOS, J.C. Um novo gênero e uma nova espécie de Mutuca (Insecta, Diptera, Tabanidae) da Formação Santana (Cretáceo Inferior), Bacia do Araripe, Nordeste do Brasil. **Acta Geologica Leopoldensia**, v.39, p.289-297, 1994.

MARTINS-NETO, R.G.; TASSI, L.V. The Orthoptera (Ensifera) from the Santana Formation (early Cretaceous, northeast Brazil): a statistical and paleoecological approach, with description of new taxa. **Zootaxa**, v.2080, p.21-37, 2009.

MARTINS-NETO, R.G.; VULCANO, M.A. Neurópteros (Insecta: Planipennia) da Formação Santana (Cretáceo inferior), Bacia do Araripe, Nordeste do Brasil. I: Família Chrysopidae. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v.60(2), p.189-201, 1988.

MARTINS-NETO, R.G.; VULCANO, M.A. Amphiesmenoptera (Trichoptera+ Lepidoptera) na Formação Santana (Cretáceo Inferior) Bacia do Araripe, Nordeste do Brasil. I: Lepidoptera (Insecta). **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v.61(4), p.459-466, 1989a.

MARTINS-NETO, R.G.; VULCANO, M.A. Neurópteros (Insecta, Planipennia) da Formação Santana (Cretáceo Inferior), Bacia do Araripe, Nordeste do Brasil. II. Superfamília Myrmeleontoidea. **Revista Brasileira de Entomologia**, v.33(2), p.367-402, 1989b.

MARTINS-NETO, R.G.; VULCANO, M.A. Neurópteros (Insecta, Planipennia) da Formação Santana (Cretáceo Inferior), Bacia do Araripe, Nordeste do Brasil. IV: Complementos I e II, com descrição de novas taxa. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v.61(3), p.311-318, 1989c.

MARTINS-NETO, R.G.; VULCANO, M.A. Neurópteros (Insecta, Planipennia) da Formação Santana (Cretáceo Inferior), Bacia do Araripe, Nordeste do Brasil. III. Superfamília Mantispodea. **Revista Brasileira de Entomologia**, v.34(3), p.619-625, 1990a.

MARTINS-NETO, R.G.; VULCANO, M.A. Primeiro registro de Raphidioptera (Neuropteroidea) na Formação Santana (Cretáceo Inferior), Bacia do Araripe, Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Entomologia**, v.34(1), p.241-249, 1990b.

MARTINS-NETO, R.G.; VULCANO, M.A. Neurópteros (Insecta, Planipennia) da Formação Santana (Cretáceo Inferior), Bacia do Araripe, Nordeste do Brasil. VIII. Descrição de novas taxas de Myrmeleontidae, Ascalaphidae e Nemopteridae. **Revista Universidade de Guarulhos, Ciências Biológicas e da Saúde**, v.2(5), p. 64-81, 1997.

MARTINS-NETO, R.G.; ASSIS, C.O.; TASSI, L.V. New Blattoptera from Early Cretaceous of Santana Formation (Araripe Basin, NE Brazil) and a review of Arariplebatta (sic) Mendes, 2000. **Gaea**, v.6(1), p.9-13, 2010.

MARTINS-NETO, R.G.; GALLEGU, O.F.; MELCHOR, R.N. 2003. The Triassic insect fauna from South America (Argentina, Brazil and Chile): a checklist (except Blattoptera and Coleoptera) and descriptions of new taxa. **Acta zoologica Cracoviensia**, v.46(Suppl. Fossil Insects): p.229-256, 2003.

MARTINS-NETO, R.G.; MELO, A.C.; PREZOTO, F. 2007. A new species of wasp (Symphyta, Sepulcidae) from the Santana Formation (Lower Cretaceous, Northeast Brazil). **Journal of the Entomological Research Society**, v.9(1), p. 1-6, 2007.

MARTINS-NETO, R.G.; POPOV, Y.; ZAMBONI, J.C. First South hemisphere Cretaceous record of Coreoidea (Insecta, Heteroptera) from Santana Formation (Lower Cretaceous, Northeast Brazil). In: SIMPÓSIO SOBRE O CRETÁCEO BRASILEIRO, 5, Serra Negra, 1999. Boletim, Serra Negra, SBG, p. 525-530, 1999.

MARTINS-NETO, R.G.; RIBEIRO-JÚNIOR, C.; PREZOTO, F. New fossils (Isoptera: Hodotermitidae), from the Santana Formation (Lower Cretaceous, Araripe Basin, Northeast Brazil), with descriptions of new taxa including a new subfamily. **Sociobiology**, v.47(1), p.125-134, 2006.

MARTINS-NETO, R.G.; GALLEGO, O. F.; BRAUCKMANN, C.; CRUZ, J.L. A review of the South American Palaeozoic entomofauna Part I: the Ischnoneuroidea and Cacurgoidea, with description of new taxa. **African Invertebrates**, v.48(1), p.87-101, 2007.

MARTINS-NETO, R.G.; SZWEDO, J. Taxonomic changes in fossil Cixiidae (Insecta: Hemiptera: Fulgoromorpha). I – Cretofennahia nom. nov. pro Fennahia Martins- Neto. **Alavesia**, v.1, p.117, 2007.

MASON, R.M. Chapter 5, Key to superfamilies of Hymenoptera. 1. All recognized superfamilies and some families of disputed superfamily status. In: Goulet and Huber, 1993 – Hymenoptera of the word: An identification guide to families. 668p, 1993.

MAZZAROLO, L.A.; AMORIM, D.S. Cratomyia macrorrhyncha, a Lower Cretaceous brachyceran fossil from the Santana Formation, Brazil, representing a new species, genus and family of the Stratiomyomorpha (Diptera). **Insect Systematics & Evolution**, v.31(1), p.91-102, 2000.

MCCAFFERTY, P. Ephemeroptera. **Bulletin of the American Museum of Natural History**, v.195, p.20-50, 1990.

MEDEIROS, R.A.; PONTE, F.C.; PONTE F, F.C. Análise estratigráfica da chapada do Araripe, parte 2: análise de fácies. Simpósio sobre a Bacia do Araripe e Bacias Interiores do Nordeste, 2, Crato, Atas, SBP/URCA, p. 93-100, 2001.

MENEGAT, R. Geoparques como Laboratórios de Inteligência da Terra. *Transcription of the Lecture Held in July 24th 2009: Geoparks as Laboratories for Understanding Earth*. **Revista do Instituto de Geociências – Publ. espec.**, São Paulo, v. 5, p. 91-103, 2009.

MENDES, M. Novas baratas (Insecta, Blattoidea) da Formação Santana, Cretáceo Inferior do Nordeste do Brasil. **Revista da Universidade de Guarulhos**, Série Geociências, v.5(6), p.23-35, 2000.

MENDES, M. Blattodeas (Insecta) da Formação Crato, Cretáceo Inferior do Nordeste do Brasil. III. Descrição de novos táxons de Blattulidae. In: CARVALHO, I.S.; SRIVASTAVA, N.K.; STROHSCHOEN, JR., O.; LANA, C.C. (orgs.), **Paleontologia: Cenários de Vida**. Editora Interciência, v.4, p.161-167, 2011.

MENDES, M.; COELHO, L.A. Novas baratas (Insecta, Blattodea, Blattidae) da Formação Santana, Cretáceo Inferior, Nordeste do Brasil. In: CARVALHO, I.S.; CASSAB, R.C.T.;

SHWANKE, C.; CARVALHO, M.A.; FERNANDES, A.C.S.; RODRIGUES, M.A.C.; CARVALHO, M.S.S.; ARAI, M.; OLIVEIRA, M.E.Q. (orgs.), *Paleontologia: Cenários de Vida*. Editora Interciência, v.1, p.457-465, 2007.

MENON, F. New record of Tettigarctidae (Insecta, Hemiptera, Cicadoidea) from the Lower Cretaceous of Brazil. **Zootaxa**, v.1087, p.53-58, 2005.

MENON, F.; HEADS, S.W.; MARTILL, D.M. New Palaeontinidae (Insecta: Cicadomorpha) from the Lower Cretaceous Crato Formation of Brazil. **Cretaceous Research**, v. 26(6), p.837-844, 2005.

MENON, F.; MAKARKIN, V.N. New fossil lacewings and antlions (Insecta, Neuroptera) from the Lower Cretaceous Crato Formation of Brazil. **Palaeontology**, v. 51(1), p.149-162, 2008.

MENON, F.; MARTINS-NETO, R.G.; MARTILL, D.M. A new Lower Cretaceous nymphid (Insecta, Neuroptera, Nymphidae) from the Crato Formation of Brazil. **Gaea**, v.1, p.11-15, 2005.

MEZZALIRA, S. *Phyloblatta pauloi* sp. nov. **Revista do Instituto Geográfico e Geológico**, v.4(2), p.1-3, 1948.

MILLET, J.; NEL, A. A new myrmeleontoid genus from the Crato Formation of northeast Brazil (Lower Cretaceous) (Insecta: Neuroptera: Palaeoleontidae). **Zootaxa**, v. 2353, p.49-54, 2010.

MIRANDA, F.; LEMA, H. *Panorama Actual del Patrimonio Geológico En Argentina*. **Boletim Paranaense de Geociências**, v.70, p.87-102, 2013.

MISOF, B.; LIU, S.; MEUSEMANN, K.; PETERS, R.S.; DONATH, A.; MAYER, C.; FRANDSEN, P.B.; WARE, J.; FLOURI, T.; BEUTEL, R.G.; NIEHUIS, O.; PETERSEN, M.; IZQUIERDO-CARRASCO, F.; WAPPLER, T.; RUST, J.; ABERER, A.J.; ASPÖCK, U.; ASPÖCK, H.; BARTEL, D.; BLANKE, A.; BERGER, S.; BÖHM, A.; BUCKLEY, T.R.; CALCOTT, B.; CHEN, J.; FRIEDRICH, F.; FUKUI, M.; FUJITA, M.; GREVE, C.; GROBE, P.; GU, S.; HUANG, Y.; JERMIIN, L.S.; KAWAHARA, A.Y.; KROGMANN, L.; KUBIAK, M.; LANFEAR, R.; LETSCH, H.; LI, Y.; LI, Z.; LI, J.; LU, H.; MACHIDA, R.; MASHIMO, Y.; KAPLI, P.; MCKENNA, D.D.; MENG, G.; NAKAGAKI, Y.; NAVARRETE-HEREDIA, J.L.; OTT, M.; OU, Y.; PASS, G.; PODSIADLOWSKI, L.; POHL, H.; VON REUMONT, B.M.; SCHÜTTE, K.; SEKIYA, K.; SHIMIZU, S.; SLIPINSKI, A.; STAMATAKIS, A.; SONG, W.; SU, X.; SZUCSICH, N.U.; TAN, M.; TAN, X.; TANG, M.; TANG, J.; TIMELTHALER, G.; TOMIZUKA, S.; TRAUTWEIN, M.; TONG, X.; UCHIFUNE, T.; WALZL, M.G.; WIEGMANN, B.M.; WILBRANDT, J.; WIPFLER, B.; WONG, T.K.; WU, Q.; WU, G.; XIE, Y.; YANG, S.; YANG, Q.; YEATES, D.K.; YOSHIZAWA, K.; ZHANG, Q.; ZHANG, R.; ZHANG, W.; ZHANG, Y.; ZHAO, J.; ZHOU, C.; ZHOU, L.; ZIESMANN, T.; ZOU, S.; LI, Y.; XU, X.; ZHANG, Y.; YANG, H.; WANG, J.; WANG, J.; KJER, K.M.; ZHOU, X. Phylogenomics resolves the timing and pattern of insect evolution. **Science**, v.346(6210), p.763-767, 2014.

MODICA, R. As Redes Europeia e Global dos Geoparques (EGN e GGN): Proteção do Patrimônio Geológico, Oportunidade de Desenvolvimento Local e Colaboração entre

Territórios. *European and Global Geoparks Network (EGN and GGN): Protection of Geological Heritage, Opportunity of Local Development and Collaboration Among Territories*. **Revista do Instituto de Geociências – Publ. espec.**, São Paulo, v. 5, p. 17-26, 2009.

MORAES, J. M. (ORG.) Geodiversidade do Estado do Mato Grosso, Goiânia: CPRM, 111 p, 2010.

MORAES, J. M. (ORG.) Geodiversidade do Estado de Goiás e do Distrito Federal, Goiânia: CPRM. 131 p, 2014.

MORAES, J.F.S.; SCHEID, C.; SANTOS, J.S.A. Projeto Santana, Projeto Santana: Relatório Final da Etapa I. Recife, DNPM/CPRM, 8 v. 1976.

MOURA-JÚNIOR, D. A.; SCHEFFLER, S. M.; FERNANDES, A. C. S. A Paleontofauna Brasileira: Cenário Atual (The Brazilian Fossil Insects: Current Scenario), **Anuário do Instituto de Geociências – UFRJ**, v. 41 (1), p. 142-166, 2018.

MORAES J.F.S.; SCHEID C.; SANTOS J.S.A. **Projeto Santana: Relatório Final da Etapa I**. Recife, DNPM/CPRM, 8 v. 1976.

MYSKOWIAK, J.; ESCUILLIÉ, F.; NEL, A. A new Osmylidae (Insecta, Neuroptera) from the Lower Cretaceous Crato Formation in Brazil. **Cretaceous Research**, v.54, p.27-33, 2015.

MYSKOWIAK, J.; NEL, A. New antlion species (Insecta, Neuroptera, Palaeoleontidae) from the Lower Cretaceous Crato Formation in northeastern Brazil. **Cretaceous Research**, v.59, p.278-284, 2016.

MYSKOWIAK, J.; HUANG, D.; AZAR, D.; CAI, C.; GARROUSTE, R.; NEL, A. New lacewings (Insecta, Neuroptera, Osmylidae, Nymphidae) from the Lower Cretaceous Burmese amber and Crato Formation in Brazil. **Cretaceous Research**, v.59, p. 214-227, 2016.

NASCIMENTO, M.A.L.; RUCHKYS, U.A.; MANTESSO-NETO, V. Geodiversidade, geoconservação e geoturismo. SBG-BR, São Paulo-SP, 82 p, 2008.

NASCIMENTO, M.A.L.; ROCHA, A.J.D.; NOLASCO, M.C. Patrimônio Geológico e Mineiro no Nordeste do Brasil. **Boletim Paranaense de Geociências**, v.70, p.103-119, 2013.

NAISH, D.; MARTILL, D.M.; FREY, E. Ecology, systematics and biogeographical relationships of dinosaurs, including a new theropod, from the Santana Formation (?Albian, Early Cretaceous) of Brazil. **Hist. Biol.**, v.16, p.57-70, 2004.

NEL, A.; ESCUILLIÉ, F. A new dragonfly from the Lower Cretaceous of Brazil. **Palaeontology**, v. 37(4), p. 923-930, 1994.

NEL, A.; PAICHELER, J.C. Les Gomphidae fossiles. Un inventaire critique (Odonata: Gomphidae). **Annales de la Société Entomologique de France**, v.30(1), p.55-77, 1994a.

NEL, A.; POPOV, Y.A. The oldest known fossil Hydrometridae from the Lower Cretaceous of Brazil (Heteroptera: Gerromorpha). **Journal of Natural History**, v.34(12), p.2315-2322, 2000.

NEL A.; PETRULEVICIUS J.F.; HENROTAY, M. New Early Jurassic sawflies from Luxembourg: the oldest record of Tenthredinoidea (Hymenoptera: "Symphyta"). **Acta Palaeontol. Pol.**, v.49 (2), p. 283-288, 2004.

NEL, A.; BECHLY, G. The third petalurid dragonfly from the Lower Cretaceous of Brazil (Odonata: Cretapetaluridae). In: **ANNALES ZOOLOGICI**. Museum and Institute of Zoology, Polish Academy of Sciences, v.59(3), p. 281-285, 2009.

NEL, A.; PAICHELER, J.C. Les Libelluloidea fossiles autres que Libellulidae. Un inventaire critique (Odonata, Corduliidae, Macromiidae, Synthemistidae, Chlorogomphidae et Mesophlebiidae). **Nouvelle Revue d'Entomologie**, v.11(4), p.321-334, 1994b.

NEL, A.; DELCLÒS, X.; HUTIN, A. Mesozoic chrysopid-like Planipennia: a phylogenetic approach (Insecta: Neuroptera). **Annales de la Société Entomologique de France**, v.41(1), p.29-69, 2005.

NEL, A.; SÉMÉRIA, Y.; MARTINS-NETO, R.G. Un Raphidioptera fossile du Crétacé inférieur du Brésil (Neuropteroidea). **Neuroptera International**, v.6(1), p.27-37, 1990.

NEL, A.; BECHLY, G.; GARROUSTE, R.; POHL, B.; ESCUILLIÉ, F. A new extraordinary neuropterid family from the Lower Cretaceous Crato Formation of Brazil: a new insect order? (Insecta, Neuropterida). **Cretaceous Research**, v.26(6), p.845-852, 2005.

NEL, A.; BECHLY, G.; JARZEMBOWSKI, E.; MARTÍNEZ- DELCLÒS, X. A revision of the fossil petalurid dragonflies (Insecta: Odonata: Anisoptera: Petalurida). **Paleontologia Lombarda**, v.10, p.3-68, 1998.

NEUMANN, V.H. **Estratigrafia, Sedimentologia, Geoquímica y Diagenesis de los Sistemas Lacustres Aptiense-Albienses de la Cuenca de Araripe (Noreste de Brasil)**. 1999. Facultat de Geologia, Universitat de Barcelona, Tese (Doctorado), 250 p. 1999.

NEUMANN, V.H.; CABRERA, L. Una nueva propuesta estratigrafica para la tectonosecuencia post-rifte de la cuenca de Araripe, noreste de Brasil. In: **BOLETIM DO 5º SIMPÓSIO SOBRE O CRETÁCEO DO BRASIL**, São Paulo, p. 279-285, 1999.

NEUMANN, V. H. M. L.; CABRERA, L.; MABESOONE, J. M.; VALENÇA, L. M. M.; SILVA, A. L. *Ambiente Sedimentar e Fácies da Sequência Lacustre Aptiana-Albiana da Bacia do Araripe, NE do Brasil*. In: **Bol. 6º Simpósio Sobre o Cretáceo do Brasil e 3º Simpósio Sobre el Cretácico de América Del Sur**. São Pedro-SP. UNESP, Rio Claro. p. 37-41, 2002

NUMMER, A.R.; GARCIA, M.G.M.; RODELA, L.G.; OLIVEIRA, J.C.L.; BELCAVELO, R. Potencial Geoturístico do Parque Estadual da Serra do Ibitipoca, Sudeste do Estado de Minas Gerais. *Geotouristic Potential of Ibitipoca's Park, Southeastern of Minas Gerais State*. **Anuário do Instituto de Geociências - UFRJ**. v. 35(1), p.112-122, 2012.

OLIVEIRA, A.A.; BRITO, A.L.F.; SANTOS, M. E. C.M.; CARVALHO, M.S.S. **Projeto Chapada do Araripe**, Recife, DNPM/CPRM, 5v. 1979.

OLIVEIRA, G.R.; KELLNER A.W.A. First occurrence of *Araripemys barretoii* Price, 1973 in the Crato Member, Santana Formation (Early Cretaceous) northeastern Brazil. *Boletim de Resumos/ II Congresso Latino-Americano de Paleontologia de Vertebrados*, Museu Nacional, Rio de Janeiro, v.2, p.193, 2005.

OSTEN, T. Hymenoptera: bees, wasps and ants. In: MARTILL, D.M.; BECHLY, G.; LOVERIDGE, R.F. (eds.), *The Crato Fossil Beds of Brazil: Window into an Ancient World*. Cambridge University Press, p. 350-365, 2007.

OSWALD, J.D. Raphidioptera. In: GRIMALDI, D. (ed.), *Insects from the Santana Formation, Lower Cretaceous of Brazil*. **Bulletin of the American Museum of Natural History**, v.195, p.154-163, 1990.

PEIXOTO, C. A. B. (Org). *Geodiversidade do Estado de São Paulo – São Paulo: CPRM*, 176 p, 2010.

PETRI, S. *Phyloblatta roxoi* sp. nov. **Boletim da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras, Geologia**, São Paulo, v.2, p.129-131, 1945.

PEULVAST, J.P.; BÉTARD, F.; MAGALHÃES, A, O. Scarp morphology and identification of large-scale mass movements in tropical tablelands: the eastern Araripe Basin (Ceará, Brazil). **Géomorphologie**, v. 17 (1), p. 33-52, 2011.

PEULVAST, J.P.; BÉTARD, F. A history of basin inversion, scarp retreat and shallow denudation: The Araripe basin as a keystone for understanding long-term landscape evolution in NE Brazil. **Geomorphology**, v. 233, p. 20-40, 2015.

PETRULEVICIUS, J.F.; MARTINS-NETO, R.G. Checklist of South American Cenozoic Insects. **Acta Geologica Hispanica**, v.35(1), p.135-148, 2000.

PFALTZGRAFF, P.A.S.; TORRES, F.S.M. (ORG.). *Geodiversidade do Estado do Rio Grande do Norte - Recife: CPRM*, 227 p, 2010.

PFALTZGRAFF, P.A.S.; TORRES, F.S.M.; BRANDÃO, R.L. (ORG.). *Geodiversidade do Estado do Piauí. Recife: CPRM*, 260 p, 2010.

PINHEIRO, A.P.; SARAIVA, A.A.F.; SANTANA, W. Shrimps from the Santana Group (Cretaceous: Albian): new species (Crustacea: Decapoda: Dendrobranchiata) and new record (Crustacea: Decapoda: Caridea). **Anais da Academia Brasileira de Ciências** v.86, p.663-670, 2013.

PINTO, I.D. A second new blattoid from the Cretaceous of Brazil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PALEONTOLOGIA, 11, 1989, Curitiba. *Resumo das Comunicações*, Curitiba, SBP, p. 295-300, 1989.

PINTO, I.D.; PURPER, I. A new blattoid from the Cretaceous of Brazil. *Pesquisas*, v.18, p.5-10, 1986.

POPHAM, E.J. Dermaptera. Insects from the Santana Formation, Lower Cretaceous, of Brazil. **Bulletin of the American Museum of Natural History**, v.195, p. 69-75, 1990.

PONS, D.; BERTHOU, P.Y.; CAMPOS, D.A. Quelques observation sur la palynologie de Aptien Supérieur et de Albien du Bassin d'Araripe (NE du Brésil). Atas do I Simpósio sobre a Bacia do Araripe e bacias interiores do Nordeste, Crato, p. 241-252, Junho1990.

PONTE, F.C.; APPI, C.J. Proposta de revisão da coluna estratigráfica da Bacia do Araripe. Anais XXXVI Congresso Brasileiro de Geologia, Natal (RN), v. 1, p. 211-226, 1990.

PONTE, F. C. Origem e Evolução das pequenas bacias cretáceas do Interior do Nordeste do Brasil. In: 2º Simp. Bacias. Cret. Brasil. Rio Claro. UNESP/IGCE. Resumos Expandidos. p. 55-58, 1992.

PRICE, L.I. Sobre um crocodilídeo notosúquio do Cretácico Brasileiro. Boletim do Departamento Nacional de Produção Mineral, Divisão de Geologia e Mineralogia, Rio de Janeiro, v.188, p.5-55, 1959.

RASNITSYN, A.P.; DELCLÒS, M. New Cretaceous Scoliidae (Vespida=Hymenoptera) from the Lower Cretaceous of Spain and Brazil. **Cretaceous Research**, v.20, p.767-772, 1999.

RASNITSYN, A.P. Origin and evolution of lower Hymenoptera. **Trudy Paleontologicheskogo Instituta, Akademii Nauk SSSR**, v.123, p.1-196, 1969.

RASNITSYN, A.P. Origin and evolution of Hymenoptera. **Trans. Paleontol. Inst.** v.174, p.1- 192, 1980.

RASNITSYN, A.P. An outline of evolution of hymenopterous insects (order Vespida). *Oriental Insects*, Philadelphia, v. 22, p.115-145, 1988.

RASNITSYN, A.P. Superorder Vespidea Laicharting, 1781. Order Hymenoptera Linn, 1758. In: Rasnitsyn, AP & Quicke DLJ. (Eds), History of Insects. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht. p. 242–254, 2002.

RASNITSYN, A.P.; ZHANG, H.C. A new family, Daohugoidae fam. n, of siricomorph hymenopteran (Hymenoptera=Vespida) from the Middle Jurassic of Daohugou in Inner Mongolia (China). **Proceedings of the Russian Entomological Society** v. 75(1), p. 12-16, 2004a.

RASNITSYN, A.P.; ZHANG, H.C. Composition and age of the Daohugou hymenopteran (Insecta, Hymenoptera=Vespida) assemblage from Inner Mongolia, China. **Palaeontology**, v.47, p.1507-1517, 2004b.

REGALI, M.S.P. Palinoestratigrafia dos sedimentos cretácicos da bacia do Araripe e das bacias interiores do Nordeste, Brasil. In: BARROS L.M.; NUUVENS P.C.; FILGUEIRA J.B.M. 2001. Simpósio sobre a Bacia do Araripe e Bacias Interiores do Nordeste, 1 e 2. *Comunicações*, p. 101-108, 2001.

RENTZ, D.C.F.; SU, Y.N. Orthoptera (Grasshoppers, Locusts, Katydid, Crickets), p. 827-839. In: RESH, V.H.; CARDÉ, R.T. (Eds), *Encyclopedia of Insects*. Academic Press, California. 2003.

RESH, V.H.; CARDÉ, R.T. *Encyclopedia of insects*. **Academic Press**; San Diego, California. 1266p. 2003.

RIBEIRO, G.C.; KRZEMINSKI, W. New information on Limoniidae [Diptera: Tipulomorpha] from the Lower Cretaceous Santana Formation [Northeastern Brazil]. **Polskie Pismo Entomologiczne**, v.69(4), p.451-457, 2000.

RIBEIRO, G.C.; LUKASHEVICH, E.D. New Leptotarsus from the Early Cretaceous of Brazil and Spain: the oldest members of the family Tipulidae (Diptera). **Zootaxa**, v.3753, p.347-363, 2014.

RIBEIRO, G.C.; MARTINS-NETO, R.G. A new Tipulidae (Insecta, Diptera) from the Santana Formation (Araripe Basin, Lower Cretaceous, Northeastern Brazil). In: SIMPÓSIO SOBRE O CRETÁCEO DO BRASIL, 5, Serra Negra, 1999. Boletim, Serra Negra, SBG, p. 207-212, 1999.

RIBEIRO, G.C.; SANTOS, D.; NICOLAU, R.C.R. A new species of Leptotarsus (Diptera: Tipulidae) from the Lower Cretaceous Crato Formation of Brazil. **Cretaceous Research**, v.56, p.244-249, 2015.

RIOS-NETTO, A. M.; PAULA-FREITAS, A. B. L.; CARVALHO, I. S.; REGALI, M. S. P.; BORGHI, L.; FREITAS, F. I. Formalização estratigráfica do Membro Fundão, Formação Rio da Batateira, Cretáceo Inferior da Bacia do Araripe, Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 42(2), p.281-292, 2012.

ROYAL ENTOMOLOGICAL SOCIETY; The Home of Insect Science - Classification of insects. <https://www.royensoc.co.uk/insect-classification>. Acessado em nov/2018.

ROSSETTI, D. F.; PAZ, J.D.S.; GÓES, A.M. Fácies analysis of the Codó Formation (Late Aptian) in the Grajaú Area. Southern São Luís-Grajaú Basin. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**. v. 76 (4), p.791-806, 2004.

RUF, M.L.; GOODWYN, P.P.; MARTINS-NETO, R.G. New Heteroptera (Insecta) from the Santana Formation, Lower Cretaceous (Northeastern Brazil), with description of a new family and new taxa of Naucoridae and Gelastocoridae. **Gaea**, v.1(2), p. 68-74, 2005.

RUCHKYS, U. A. Geoparques e a Musealização do Território: um Estudo Sobre o Quadrilátero Ferrífero. *Geoparks and the Territory Musealization: a Study of the Quadrilátero Ferrífero*. **Revista do Instituto de Geociências – Publ. espec.**, São Paulo, v. 5, p. 35-46, 2009.

RUCHKYS, U.A.; MACHADO, M.M.M. Patrimônio Geológico e Mineiro do Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais – Caracterização e Iniciativas de uso para Educação E Geoturismo. **Boletim Paranaense de Geociências**, v. 70, p.120-136, 2013.

- RUSS, B. R.; NOLASCO, M. C. Revelando a Geodiversidade Através da Educação Ambiental: Percepção de Estudantes Sobre o Geossítio Manga do Céu. *Revealing Geodiversity Through Environmental Education: Perceptions of Students About the Manga do Céu Geosite*. **Anuário do Instituto de Geociências – UFRJ**, v. 35-1, p.271-280, 2012.
- SALAMUNI, E.; NASCIMENTO, E. R.; SILVA, P. A. H.; QUEIROZ, G. L.; SILVA, G. Knickpoint Finder: Ferramenta Para a Busca de Geossítios de Relevante Interesse para o Geoturismo. **Boletim Paranaense de Geociências**, v.70, p. 200-208, 2013.
- SALES, A. M. F. Análise Tafonômica das Ocorrências de Concentrações de Macroinvertebrados fósseis do Membro Romualdo (Albiano) da Formação Santana, Bacia do Araripe, NE do Brasil: significado Estratigráfico, Temporal e Paleoambiental. Tese de doutoramento, Programa de Pós-graduação em Geociência, Geologia Sedimentar, Departamento Geologia. Universidade de São Paulo, USP, GSA/IGC. 160p, 2005.
- SCHULMEISTER, S. Review of morphological evidence on the phylogeny of basal Hymenoptera (Insecta), with a discussion of the ordering of characters. **Biol. J. Linn. Soc.**, v.79, p. 209-243, 2003.
- SARAIVA, A.A.F.; HESSEL, M.H.; GUERRA, N.C.; FARA, E. Concreções Calcárias da Formação Santana, Bacia do Araripe: Uma Proposta de Classificação. **Estudos Geológicos**, v.17(1), p.40-57, 2007.
- SARAIVA, A.A.F.; RODRIGUES, S.R.G.; KELLNER, A.W.A. Partes vegetativas de carófitas fossilizadas no Membro Romualdo (Albiano, Formação Santana), Bacia do Araripe, nordeste brasileiro. **Bol. Mus. Nac.**, Rio de Janeiro, v.70, p. 5-8, 2003.
- SANTOS, M.F.A.; MERMUDES, J.R.M.; FONSECA, V.M.M. A specimen of Curculioninae (Curculionidae, Coleoptera) from the Lower Cretaceous, Araripe Basin, North-eastern Brazil. **Palaeontology**, v.54(4), p.807-814, 2011.
- SCHEID, C.; MUNIS, M.B.; PAULINO, J. Projeto Santana: Relatório Final da Etapa II. Recife, DNPM/CPRM. 131 p + ilustr. e anexos. 1978.
- SCHNEIDER, J. Die Blattodea (Insecta) des paläozoikums. Teil I: Systematik, Ökologie und Biostratigraphie. Prolherger Forschungsgesellschaft, C302 Deutsch Verlag f. Grundstoffindustrie, Leipzig, p. 106-145, 1983.
- SCHOMANN, A.; SOLODOVNIKOV, A. A new genus of Staphylinidae (Coleoptera) from the Lower Cretaceous: the first fossil rove beetles from the Southern Hemisphere. **Systematic Entomology**, v.37(2), p.379-386, 2012.
- SENA, I. S.; ANDRADE, J. M.; ROCHA, L. C.; FIGUEIREDO, M. A. Singularidades Geológicas e Históricas como Atrativo Geoturístico da Gruta Casa da Pedra, Município de São João Del-Rei, MG. *The Geological and Historic Singularities as Geotouristic Attractive of the Casa de Pedra Cave, São João Del-Rei, MG, Brazil*. **Anuário do Instituto de Geociências – UFRJ**, v. 35(1), p.190-198, 2012.

SERRANO CAÑADAS, E.; RUIZ FLAÑO, P. *Geodiversidad: concepto, evaluación y aplicación territorial: el caso de Tiernes-Caracena (Soria)*. **Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles, La Rioja**, v. 45, p.79-98, 2007.

SHARKEY, M. J. Taxonomic names, in Insects from the Santana Formation, Lower Cretaceous, of Brazil. Chapter 7: Order Hymenoptera. **Bulletin of the American Museum of Natural History**, v.195, p.123-153, 1990.

SHEAR, W.A.; BONAMO, P.M.; ROLF, W.D.I.; SMITH, E.L.; NORTON, R.A. Early land animals in North America: evidence from Devonian age arthropods from Gilboa, New York. **Science**, v. 224, p.492-494, 1984.

SHIMADA, H. Mina do Morro do Ouro, Apiaí, SP – A Transformação em Parque. **Boletim Paranaense de Geociências**, v. 70, p.180-189, 2013.

SILVA, A. L. Estratigrafia Física e Deformação do Sistema Lacustre Carbonático (Aptiano-Albiano) da bacia do Araripe em Afloramentos Seleccionados. CTG - UFPE. Dissertação de Mestrado do Programa de Pós-graduação em Geociências, 108p, 2003.

SILVA, C.R. Geodiversidade do Brasil; conhecer o passado para entender o presente e prever o futuro. Rio de Janeiro: CPRM, 264 p, 2008.

SILVA, M. C. *Contribuição Paleontológica Sobre o Jurássico Superior da Bacia do Araripe, Nordeste do Brasil*. Monografia de conclusão de curso, Universidade Federal de Pernambuco, 41 p, 2004.

SILVA, V. G.; AZEVEDO, S. A. K. Um dipnóico da Formação Brejo Santo, Jurássico da Chapada do Araripe, Ceará, Brasil. *An. Acad. Bras. Ciênc.* v. 64(4): p.419-420. 1992.

SILVA, S. F.; MACHADO, M. F. (ORG.). Geodiversidade do Estado do Espírito Santo – Belo Horizonte, CPRM, 120 p, 2014.

SMALL, H. Geologia e suprimento de água subterrânea no Ceará e parte do Piauí. Inspetoria de Obras Contra Secas. 180 p. Série Geologia, v.25, 1913.

SOUSA FILHO, F. E. Aplicação de Técnicas Físicas na Paleontologia: Um Estudo de Fósseis da Formação Ipubi – Bacia Sedimentar do Araripe, 2011, 101f, Tese (Física), Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2011.

STANICZEK A.H. Ephemeroptera: mayflies. In: MARTILL, D.M, BECHLY, G & LOVERIDGE, R.F. (eds.) *The Crato Fossil Beds of Brazil: Window into an Ancient World*. Cambridge University Press, p. 163-184, 2007.

STANICZEK, A.H.; BECHLY, G.; GODUNKO, R.J. Coxopteroptera, a new fossil order of Palaeoptera (Arthropoda: Insecta), with comments on the phylogeny of the stem group of mayflies (Ephemeroptera). **Insect Systematics & Evolution**, v.42(2), p.101-138, 2011.

STANLEY, M. Welcome to the 21st century. *Geodiversity Update*, v.1, p. 1-8, 2001.

- TEIXEIRA, I. S. N.; MACHADO, D. M. C.; CASTRO, A. R. S. F.; FARIAS, L. F. Uma Ferramenta para Compreender a Apropriação do Patrimônio Geológico pela Sociedade: Um Estudo Sobre o Morro do Corcovado/ Rio de Janeiro. *A Data Collection Instrument to Understand the Appropriation of Geological Heritage by Society: Study of Morro do Corcovado, Rio de Janeiro*. **Anuário do Instituto de Geociências – UFRJ**, v. 35(1), p.123-132, 2012.
- THEODOROVICZ, A.M.G.; THEODOROVICZ, A. (ORG.). Geodiversidade do Estado de Mato Grosso do Sul, São Paulo: CPRM, 179 p, 2010.
- TORRES, F.S.M., SILVA, E.P (ORG.). Geodiversidade do Estado da Paraíba, Recife: CPRM, 124 p, 2016.
- UEDA, K. A new palaeontinid species from the Lower Cretaceous of Brazil (Homoptera: Palaeontinidae). **Bulletin of the Kitakyushu Museum of Natural History**, v.16, p. 99-104, 1997.
- VEIGA, A. T. C. A geodiversidade e o uso dos recursos minerais da Amazônia. Terra das Águas, Brasília: NEAz/UnB, v.1, p. 88-102, 1999.
- VIANA, M.S.S.; NEUMANN, V. H. L. Membro Crato da Formação Santana, Chapada do Araripe, CE; Riquíssimo registro de fauna e flora do Cretáceo. *In*: SCHOBENHAUS, C.; CAMPOS, D.A.; QUEIROZ, E.T.; WINGE, M.; BERBERT-BORN, M.L.C. (Eds.) 2002. *Sítios Geológicos e Paleontológicos do Brasil*. DNPM/CPRM - **Comissão Brasileira de Sítios Geológicos e Paleobiológicos (SIGEP) - Brasília**; 554pp; ilust. 2002.
- VIANA, M.S.S.; CAVALCANTI, V.M.M. *Faciologia das Formações Missão Velha e Brejo santo, na região de Missão Velha, Bacia do Araripe*. XIII Simpósio de Geologia do Nordeste - Fortaleza, CE. SBG, Núcleo Nordeste. Atas. Boletim, v.1, p. 166-169, 1989.
- VIANA, M.S.S. & CAVALCANTI, V M.M. Distribuição estratigráfica dos fósseis da Formação Missão Velha, Bacia do Araripe. *Revista de Geologia (UFC)*, v.4, p. 81-87. 1991.
- VIANA, M.S.S.; CAVALCANTI, V M.M. Distribuição estratigráfica dos fósseis na Bacia do Araripe, Nordeste do Brasil. XIV Congresso Brasileiro de Paleontologia. Uberaba, MG: SBP. Boletim de resumos, v.1, p.141-142, 1995.
- VIANA, M. S.S. Estratigrafia e Paleontologia da Formação Santana – Cretáceo Inferior da Bacia do Araripe – Nordeste do Brasil. Dissertação de Mestrado, Instituto de Geociências, Universidade do Rio de Janeiro. 107p. 1990.
- VILA NOVA, B.C.; SARAIVA, A.A.F.; MOREIRA, J.K.R.; SAIYÃO, J.M. Controlled excavations in the Romualdo Formation lagerstätte (Araripe basin, Brazil) and pterosaur diversity: Remarks based on new findings. **Palaios**, v. 26, p.173-179, 2011.
- VILHELMSSEN, L. Phylogeny and classification of the Orussidae (Insecta: Hymenoptera), a basal parasitic wasp taxon. **Zool. J. Linn. Soc.**, v.139, p. 337-418, 2003.

VRŠANSKÝ, P.; GRIMALDI, D. Lower Cretaceous Blattaria. In: INTERNATIONAL PALEOENTOMOLOGICAL CONFERENCE, 1, Moscou, 1998. Proceedings, Moscou, p. 167-176, 1999.

VRŠANSKÝ, P. Origin and the early evolution of mantises. **AMBA Projekty**, v.6(1), p. 1-16, 2002.

WELLNHOFER, P. Nueu Pterosaurier aus der Santana-Formation (Apt) der Chapada do Araripe, Brasilien. **Palaeontographica**, A187, p. 105-182, 1985.

WIGHTON, D.C. Gomphaeschna obliqua sp. nov., a new species of Gomphaeschninae from the Lower Cretaceous of Northeastern Brazil (Anisoptera: Aeshnidae). **Odonatologica**, v.16(3), p.311-314, 1987.

WILKOMMEN, J; GRIMALDI, D.A. Cap 11.20. Taxonomic names in Diptera: true flies, gnats, and crane flies. In: MARTILL, D.M, BECHLY, G.; LOVERIDGE, R.F. (eds.), The Crato Fossil Beds of Brazil: Window into an Ancient World. Cambridge University Press, p. 369-387, 2007.

WIMBLEDON, W.A.P.; ISHCENKO A.A.; GERASIMENKO, N.P.; KARIS L.O; SUOMINEN, V.; JOHANSSON, C.E.; FREDEN, C. Geosites- an IUGS initiative: Science Supported by Conservation. In: **Geological Heritage: its conservation and management**. D. BARETTINO, W.A.P. WIMBLEDON AND E. GALLEGO (Eds.) Madrid (Spain). p.69-94, 2000.

WITTON, M.P. A new species of Tupuxuara (Thalassodromidea, Azhdarchoidea) from the Lower Cretaceous Santana Formation of Brazil, with a note on the nomenclature of Thalassodromidae. **Cretaceous Research**, v.30, p.1293-1300, 2009.

WOLF-SCHWENNINGER, K. The oldest fossil record of Lymexylidae (Insecta: Coleoptera) from the Lower Cretaceous Crato Formation of Brazil. **Insect Systematics & Evolution**, v.42(2), p. 205-212, 2011.

XAVIER DA SILVA, J.; CARVALHO FILHO, L. M. Índice de geodiversidade da restinga da Marambaia (RJ): um exemplo do geoprocessamento aplicado à geografia física. **Revista de Geografia**, Recife: DCG/UFPE, v. 1, p. 57-64, 2001.

ZAMBONI, J.C. Contribution to the knowledge of the aquatic paleoentomofauna from Santana Formation (Araripe Basin, Lower Cretaceous, northeast Brazil) with description of new taxa. **Acta Geologica Leopoldensia**, v.24(52/53), p.129-135, 2001.

ZHANG, H.; RASNITSYN, A.P. Two new anaxyelid sawflies (Insecta, Hymenoptera, Siricoidea) from the Yixian Formation of western Liaoning, China. **Cretaceous Research**, v. 27, p.279-284, 2006.

ZHERICHIN, V.V.; GRATSHEV, V.G. Fossil cuculionoid beetles (Coleoptera, Cuculionoidea) from the Lower Cretaceous of Northeastern Brazil. **Paleontological Journal**, v. 38(5), p.528-537, 2004.

APÊNDICES



Anais da Academia Brasileira de Ciências (2016) 88(4): 2113-2120
 (Annals of the Brazilian Academy of Sciences)
 Printed version ISSN 0001-3765 / Online version ISSN 1678-2690
<http://dx.doi.org/10.1590/0001-3765201620150375>
www.scielo.br/aabc

First Occurrence and Paleo-Ecological Implications of Insects (Orthoptera: Ensifera Gryllidae) in the Romualdo Member of the Santana Formation, Eo-Cretaceous of the Araripe Basin

LUÍS C.B. FREITAS¹, GERALDO J.B. DE MOURA² and ANTÔNIO A.F. SARAIVA³

¹Serviço Geológico do Brasil, Residência de Fortaleza/ REFO, Avenida Antônio Sales, 1418, Joaquim Távora, 60135-101 Fortaleza, CE, Brazil

²Universidade Federal Rural de Pernambuco/ UFRPE, Departamento de Biologia, Laboratório de Estudos Herpetológicos e Paleoherpetológicos, Rua Don Manuel de Medeiros, s/n, Dois Irmãos, 52171-900 Recife, PE, Brazil

³Universidade Regional do Cariri, Laboratório de Paleontologia da URCA – L.P.U., Rua Cel. Antônio Luiz, 1161E, Pimenta, 63100-000 Crato, CE, Brazil

Manuscript received on September 28, 2015; accepted for publication on November 27, 2015

ABSTRACT

The Romualdo Member of the Santana Formation, a lithostatigraphic unit attributed to a marine intrusion, is famous for its preserved fossils in calcareous concretions, which stand out for their diversity and excellent preservation levels. This paper aims to record the first occurrence of the Class Insecta in the Romualdo Member of the Santana Formation of the Araripe Basin, as well as to describe and discuss the paleo-ecological implications of such finding. The first occurrence of the order Orthoptera (family Gryllidae) is presented for this unit. This new species is attributed to the genus *Araripegyllus*, that lasted throughout the deposition of the Crato Member, which is under the Romualdo Member. In reference to its stratigraphic origin, the specimens was named *Araripegyllus romualdoi* sp. nov.

Key words: *Araripegyllus*, Grylloidea, Calcareous concretions, *Araripegyllus romualdoi*.

INTRODUCTION

The Romualdo Member, the upper unit in the Santana Formation, stands out for the quality and tridimensional preservation of its fossils in calcareous concretions, belonging to different taxonomic groups, such as Gymnosperms and Angiosperms leaves and trunks (Saraiva et al. 2003, Lima et al. 2012); Gastropods (Beurlen 1964); Crustaceans (Martins Neto 1987 and Pinheiro et al. 2013); Conchostracans (Carvalho and Viana 1993); Ostracods (Carmo et al. 2004)

and, especially, vertebrates: Chondrichthyes Actinopterygii (Agassiz 1841, Brito and Ferreira 1989); Testudines (Hirayama 1998, Oliveira and Kellner 2005); Dinosauria (Kellner 1999, Kellner and Campos 1996, Martill et al. 1996, Naish et al. 2004); Pterosauria (Kellner 1984, Wellnhofer 1985, Kellner and Tomida 2000, Witton 2009, Bantim et al. 2014); and Crocodylia (Price 1959, Kellner 1987) and no insect has yet been attributed to this unit in the literature, which limits paleo-ecological inferences, since insects (especially Orthoptera) are excellent bioindicators of paleoenvironments (Martins Neto 2006).

Correspondence to: Luis Carlos Bastos Freitas
 E-mail: lcgeologia@hotmail.com

Orthopteran constitutes the most diverse group of Polyneoptera, containing around 22.5 thousand species (both extant and fossils) (Grimaldi and Engel 2005, Heads and Martins Neto 2007).

Until 2005, 61 orthopteran fossil species (Ensifera + Caelifera + Phasmatoptera) had been described for Brazil (22% of the Brazilian paleontomofauna), all for the Crato Member of the Santana Formation (Martins Neto 2005). Since then, no other Ensifera specimen has been described for the Santana Formation.

In view of the foregoing, this paper aims to record the first occurrence of the Class Insecta in the Romualdo Member of the Santana Formation of the Araripe Basin, as well as to describe and discuss the paleo-ecological implications of such finding.

The ZooBank Life Science Identifier (LSID) of this publication is: urn:lsid:zoobank.org:pub:7D28D494-751D-45CC-8729-30731689C4B4

MATERIALS AND METHODS

The material under study comes from controlled excavations in the surroundings of the geological site known as *Parque dos Pterossauros* (Pterosaurs' Park), in the Araripe Geopark (24M 0420 696 NO UTM 9205 958) (Figure 1), where the greenish calciferous shale of the Romualdo Member of the Santana Formation of the Araripe sedimentary basin (Northeastern Brazil). Such Aptian-Albian shales are rich in ostracods where there is an abundance of calcareous concretions (Figure 2),

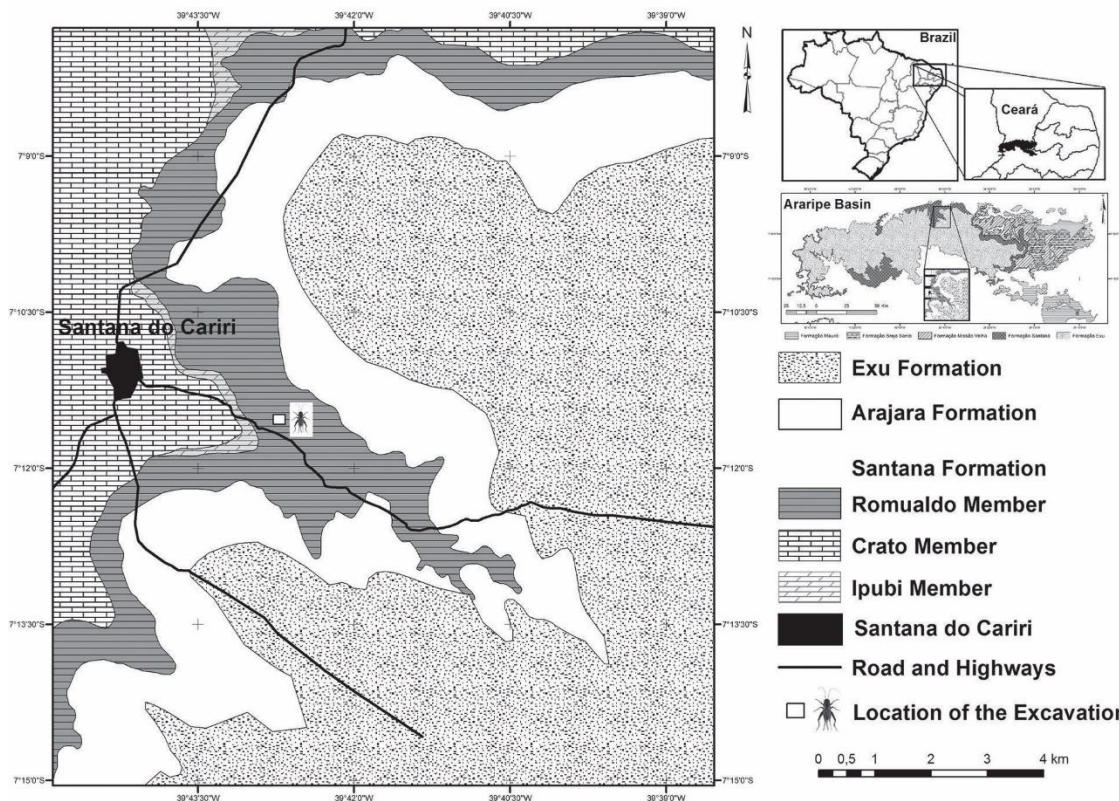


Figure 1 - Map of the location of the Santana do Cariri region within the Araripe sedimentary basin, highlighting the Romualdo Member and the location of the excavations. (Road and Highways – Location of the Excavation).

often fossiliferous (Assine 1992, Saraiva et al. 2007, Fara et al. 2005, Vila Nova et al. 2011) and is internationally renowned for the tridimensional preservation of its fossils (Kellner 2002, Pinheiro et al. 2013).

The Santana Formation, of middle-upper Albian age (Maisey 1991, Berthou 1994, Boss and Veiga 2011) is currently outcropping, surrounding a large part of the geomorphological profile of the Araripe Plateau.

In order to study and compare the fossil samples, a comprehensive bibliographical review was carried out about the paleontomofauna of the Santana Formation, using, for that, publications in indexed journals and classical literature relevant to the paleontology of this geological unit.

The material being studied is represented by a sample of calcareous concretion containing a fossil. The specimen was observed and photographed with binocular lenses and is kept at the paleontology

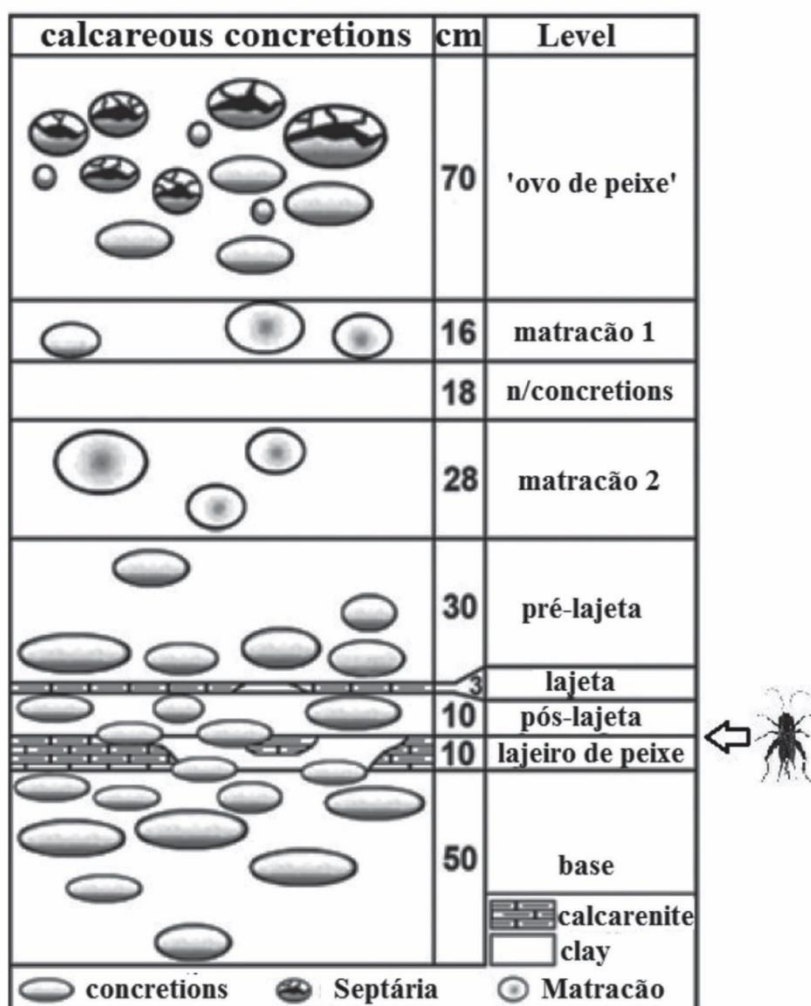


Figure 2 - Schematic profile of the distribution of the calcareous concretions and the location of the fossil finding, modified from Saraiva et al. 2007.

collection of the URCA (Regional University of Cariri) Paleontology Museum in Santana do Cariri, under list number MPSC I846 p and cp, coming from the Romualdo Member.

Systematic Paleontology

Order Orthoptera Olivier 1789

Suborder Ensifera Chopard 1920

Family Gryllidae Laicharting 1781

Genus *Araripegryllus* Martins Neto 1987

Araripegryllus romualdoi sp. nov.

ZooBank Life Science Identifier (LSID) –
urn:lsid:zoobank.org:act:9D696FB1-FEF1-439D-
BABB-884394793A42

Etymology – *romualdoi*, in reference to its stratigraphic origin, Romualdo Member of the Santana Formation.

Holotype - MPSC 1846p/MPSC 1846cp (Figure 3)

Locality – *Parque dos Pterossauros* (Pterosaurs' Park) Geological site (Araripe Geopark), 3km from the seat of the city of Santana do Cariri, Ceará.

Horizon: Green shales, upper unit of the Santana Formation, Araripe Basin (lower Cretaceous).

Diagnosis:

Pronotum wider than the head, antennae coming from the center of the head, elongated cerci, robust femurs, non-elongated body and forewings with length over 5mm.

Description:

Body 10mm long and 5mm wide, 14mm (body +forewings). The thorax is very robust. The head is a little smaller than the pronotum, 3mm wide and 2mm long. The antennae were not well preserved, and there is only a short filament on the left side, coming from about the center of the head. The hind legs femurs are robust and the cerci are elongated. The femur is 7mm long and 3mm wide (widest portion of the hind leg), and the front legs are 2.5mm long and 1.2mm wide. Front tibiae are also robust, measuring about 3mm (Figure 3).

Some important features for species differentiation are absent or poorly preserved,

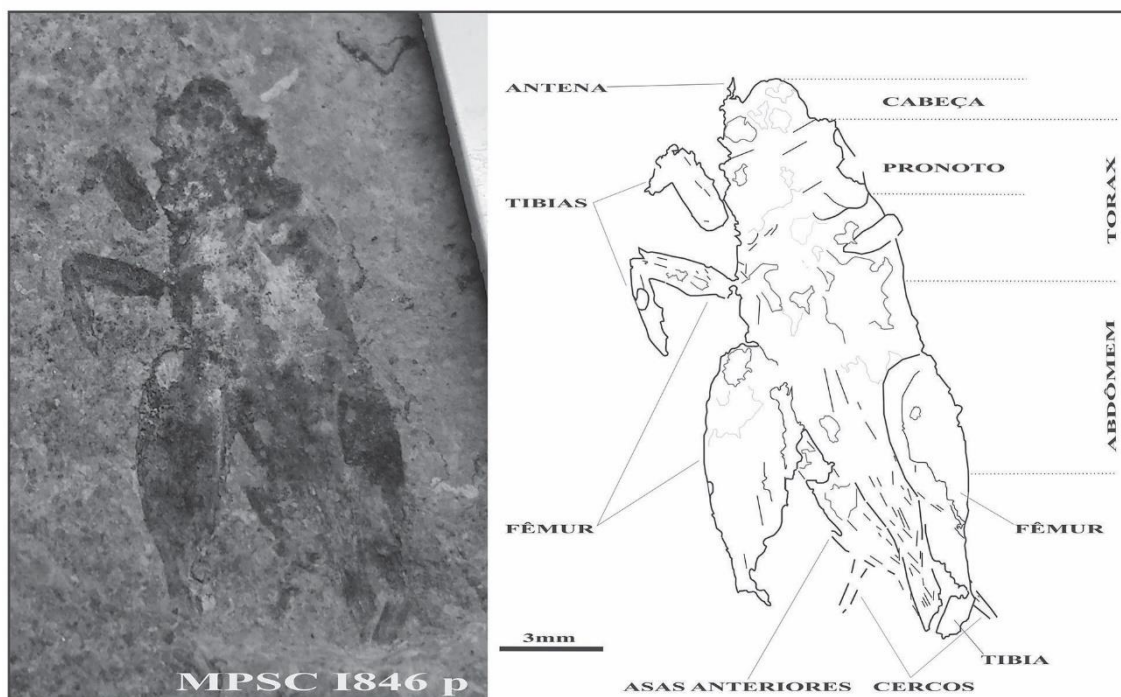


Figure 3 - *Araripegryllus romualdoi* sp. nov. (MPSC 1846p) on the left, and its schematic drawing on the right.

such as tibiae, tarsi, wings and antennae. The presence of an ovipositor is not evident, being thus impossible to initially classify it as male or female with certainty. However, it has cerci with length over 5 mm and evident folded wings covering and exceeding the length of the body. The length of the forewings is greater than that of the body.

DISCUSSION

Most *Cearagrillus* (Baissogryllidae) species are individualized by their wing features, especially the shape of the speculum, chords and harps, which are not present in this specimen.

The legs have robust femurs, a distinct feature in *Araripegryllus* (Grillidae) and *Cearagrillus*, and a common feature in Gryllotalpidae. However, the elongated cerci, usually turned into stridulatory devices, the head with smaller dimensions than the pronotum, and the non-elongated body (elongated bodies are also a noticeable Gryllotalpidae feature) allow us to place *Araripegryllus romualdoi* sp. nov. (MPSC 1846p) into the Gryllidae family. Another important taxonomic aspect is that the front tibiae are present in the specimen and are smooth, whereas in Gryllotalpidae they are covered with long spikes that are used for burrowing.

Cearagrillus are generally longer, reaching up to 32mm of body length (*C. perforatorius*) and a relatively large head (with the exception of *C. microcephalus*, that is small-headed), males have a large stridulatory organ, and females have a long, spear-shaped ovipositor, with variable lengths.

The Gryllidae family is the main family in the Grylloidea superfamily, with over 350 existing genera, and over 3,000 species distributed worldwide (Rentz and Su 2003), and is comprised of four genera in the Santana Formation. *Araripegryllus* Martins Neto 1987 (7 spp.), *Brontogryllus*, Martins Neto 1991 (1 sp.), *Cratogryllus* Martins Neto 1991 (3 spp.) and *Nanoararipegryllus*, Martins Neto 2002 (1 sp.); gathering 12 species in the Gryllidae family.

In the *Araripegryllus* genus, according to Martins Neto (1991), the female has a long, spear-shaped ovipositor, shorter than the cerci. The head is relatively large, globular, and bigger in width than in length; the antennae start from the middle of the head, a robust scape. A rectangular pronotum ranges from slightly to much larger than the head. Robust cerci, long abdomen, as the body's length. A robust femur, tibia with three apical spurs, tarsus with an extremely long first segment and the second being "heart-shaped". Forewings between 5 and 25mm long, 10mm wide and triangular, the base is larger than the apical area. The male has stridulatory organs: oval speculum.

The general features of the specimens (pronotum larger than the head, antennae coming out from the center of the head, elongated cerci, robust femur, non-elongated body, and forewings longer than 5mm) presented in the diagnosis, compared with the general features of the genus *Araripegryllus*, allow us to place them into this genus.

Comparing *Araripegryllus romualdoi* sp. nov. with other species in the genus, we can notice that the head of the analyzed specimen is relatively less thick than the pronotum and thorax, which is a constant feature of *Araripegryllus* (specially females), as well as the robust hind legs, with a length-width ratio greater than that of *A. robustus* (the specimen with the longest femur in the genus). The cerci, in the highlighted part, do not have spikes, which is by itself a difference from *A. serrilhatus* and brings it closer to *A. femininus* (with few spikes), but differs from the latter when it comes to size and thickness of the head and front and hind legs. The length of the femur is similar to others in the genus, such as *A. nanus*, although this one has short cerci. It is also worth mentioning that the length of the head corresponds to two thirds of its width, which differs from *A. femininus*.

From the features of the robust limbs, we can infer that the specimen had a great hopping ability

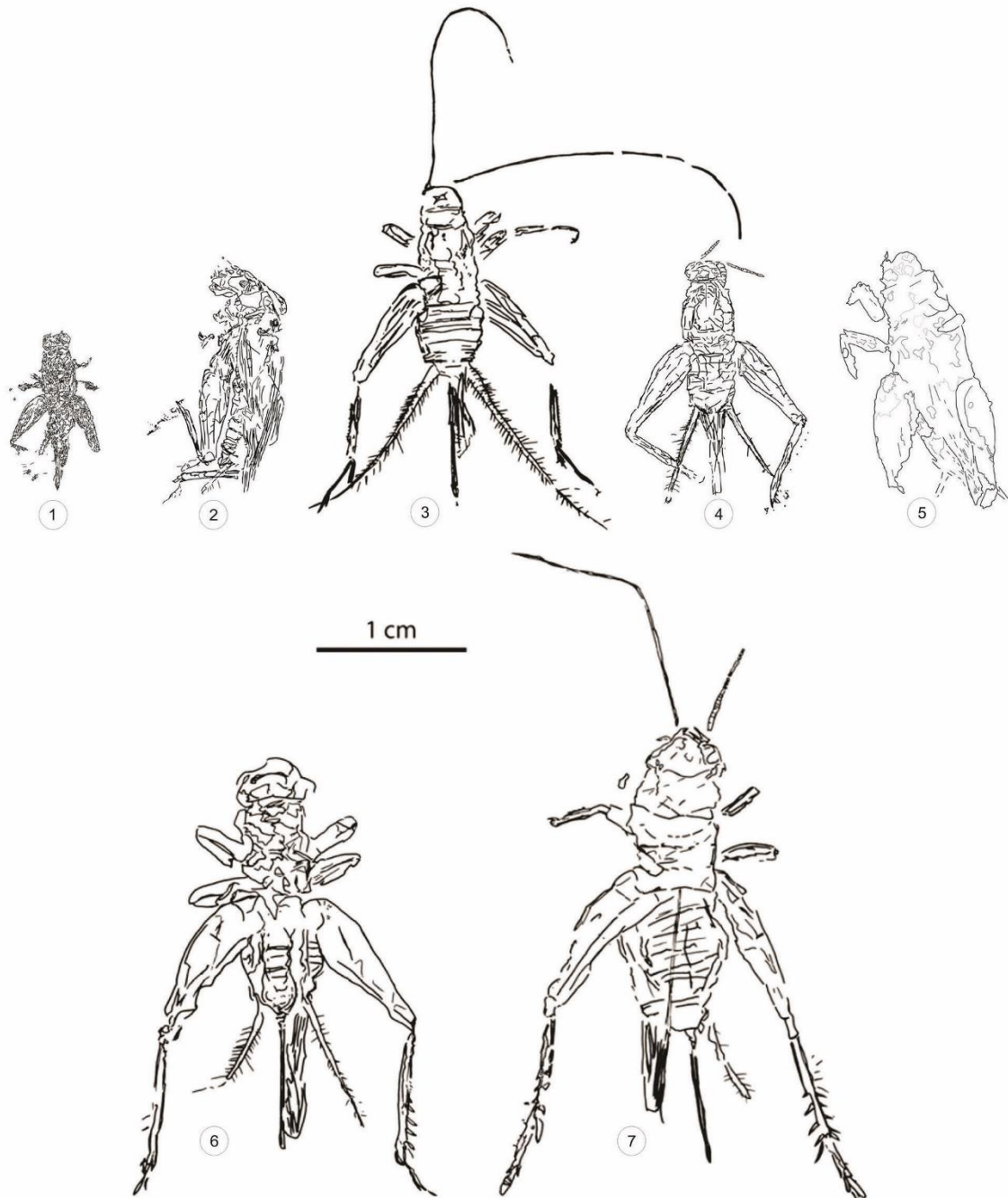


Figure 4 - Schematic drawings comparing the species – 1: *Carvirigryllus brachypterus*, Martins Neto 2002; *Araripegryllus nanus*, Martins Neto 1991; 3: *Araripegryllus serrilhatus*, Martins Neto 1991; 4: *Araripegryllus femininus*, Martins Neto 1991; 5: *Araripegryllus romualdoi*, sp. nov.; 6 – 7: *Araripegryllus robustos*, Martins Neto 2002. Adapted from Martins Neto 1991 and Lee 2011.

and probably lived near the ground, but was not a burrower such as Gryllotalpidae, since its legs were not used for burrowing, as they were not adapted to this function. A morphological comparison between the aforementioned species can be found in Figure 4.

The inclusion of some specimens in the genus *Araripegyllus* and *Cearagrillus* did not use all the criteria described as determining for the genera, containing some features that differ from the initial ones. Such as *A. nanus*, that has short cerci, whereas, in the general description of the genus, all should have long cerci. Or that not every species shows antennae coming out from the center of the head.

CONCLUSIONS

The morphological features shown by the specimen MPSC 1846p allow us to identify it as a new species and classify it within the family Gryllidae; genus *Araripegyllus*. However, important parts in the differentiation of species of this taxon, such as wings, antennae and legs were not well preserved, making it difficult to reach a deeper diagnosis of the specimen. Nevertheless, the preserved diagnostic features allow us to place it within this family, and differentiate it from other species within the genus *Araripegyllus*, thus being a new species of this genus (*Araripegyllus romualdoi* sp. nov.). The record of an insect in the calcareous concretions of the Romualdo Member (first recorded occurrence) is the proof that species that are sensitive to climate changes, such as insects, endured such distinct geological and climatic events as the ones that led to the formation of the Crato and Romualdo Members of the Santana Formation. They also indicate, for the original area and stratum, little transport and proximity with the ground. The fossilization of an insect in a calcareous concretion is the proof that insects are also able to trigger chemical reactions that will form concretions around them, thus

increasing the range of living beings that may have been fossilized in them, and are still to be found and studied.

REFERENCES

- AGASSIZ L. 1841. On the fossil fishes found by Mr. Gardner in the Province of Ceará, in the North of Brasil. Edinburgh new philosophical journal. Edinburgh 30: 80-84.
- ASSINE ML. 1992. Análise Estratigráfica da Bacia do Araripe, Nordeste do Brasil Rev Bras Geociênc 22(3): 289-300.
- BANTIM RAM, SARAIVA AAF, OLIVEIRA GR AND SAYÃO JM. 2014. "A new toothed pterosaur (Pterodactyloidea: Anhangueridae) from the Early Cretaceous Romualdo Formation, NE Brazil". Zootaxa 3869(3): 201-223.
- BERTHO PY. 1994. Critical analysis of the main publications about the stratigraphical framework of the Paleozoic and Mesozoic sedimentary deposits in the Araripe Basin (northeastern Brazil). In: III Simpósio sobre o Cretáceo do Brasil, Boletim, p. 123-126.
- BEURLEN K. 1964. As espécies dos cassiopinæ, nova subfamília dos turritellidæ, no Cretáceo do Brasil. Arq Geol, Recife 5: 1-44.
- BOOS ADS AND VEIGACS. 2011. Paleofauna de vertebrados registrada na Formação Santana (Cretáceo), Bacia do Araripe, nordeste do Brasil (Vertebrate paleofauna described for the Santana Formation (Cretaceous), Araripe Basin, northeast of Brazil). Acta Biol Par, Curitiba 40(3-4): 119-127.
- BRITO PM AND FERREIRA PLN. 1989. First hibodont from Chapada do Araripe. An Acad Bras Cienc, Rio de Janeiro 61: 53-57.
- CARMO DA, LAETRAFAEL RM, VILHENA RM AND TOMASSIC HZ. 2004. Redescription of *Theriosynoecum silvai* and *Darwinula martinsi*, Crato Member (Santana Formation), Lower Cretaceous, Araripe Basin, NE Brazil. Rev Bras Paleontol 7: 151-158.
- CARVALHO IS AND VIANA MSS. 1993. Os conchostráceos da bacia do Araripe. An Acad Bras Cienc, Rio de Janeiro 65: 181-188.
- FARA E, SARAIVA AAF, CAMPOS DA, MOREIRA JKR, SIEBRA DC AND KELLNER AWA. 2005. Controlled excavation in the Romualdo Member of the Santana Formation (early Cretaceous, Araripe Basin, northeast Brazil): stratigraphic, palaeoenvironmental and palaeoecological implications. Palaeogeogr Palaeoclimatol Palaeoecol 218: 145-160.
- GRIMALDI D AND ENGEL MS. 2005. Evolution of the Insects. Part of Cambridge Evolution Series, 265 b/w illus. 400 colour illus.

- HEADS SW AND MARTINS NETO RG. 2007. Orthoptera: grasshoppers, crickets, locusts and stick insects in: The Crato Fossil Beds of Brazil: Window into an Ancient World, p. 265-283.
- HIRAYAMA R. 1998. Oldest known sea turtle. *Nature* 392: 705-707.
- KELLNER AWA. 1984. Ocorrência de uma mandíbula de pterosauria (*Brasileodactylus araripensis*, nov. gen.; nov. sp.) na Formação Santana, Cretáceo da Chapada do Araripe, Ceará, Brasil. 33º Congresso Brasileiro de Geologia, Anais 2: 578-590.
- KELLNER AWA. 1987. Ocorrência de um novo crocodiliano no Cretáceo Inferior da Bacia do Araripe, Nordeste do Brasil. *An Acad Bras Cienc*, Rio de Janeiro 59: 219-232.
- KELLNER AWA. 1999. Short note on a new dinosaur (Theropoda, Coelurosauria) from the Santana Formation (Romualdo Member, Albian), northeastern Brazil. *Bol Mus Nac Geol (ser. Geologia)* 49: 1-8.
- KELLNER AWA. 2002. Membro Romualdo da Formação Santana, Chapada do Araripe, CE - Um dos mais importantes depósitos fossilíferos do Cretáceo brasileiro. In: Schobbenhaus C et al. (Eds), *Sítios Geológicos e Paleontológicos do Brasil*, DNPM/CPRM/SIGEP, p. 121-130.
- KELLNER AWA AND CAMPOS DA. 1986. Primeiro registro de anfíbia (Anura) do Cretáceo Inferior da Bacia do Araripe, Nordeste do Brasil. *An Acad Bras Cienc* 58(4): 610.
- KELLNER AWA AND TOMIDA Y. 2000. Description of a new species of Anhangueridae (Pterodactyloidea) with comments on the pterosaur fauna from the Santana Formation (Aptian-Albian), northeastern Brazil. *National Science Museum Monographs*, Tokyo 17: 1-135.
- LIMA FJ, SARAIVA AAF AND SAYÃO JM. 2012. Revisão da Paleoflora das Formações Missão Velha, Crato e Romualdo, Bacia do Araripe, Nordeste do Brasil. *Estudos Geológicos* 22: 99-115.
- LEE SW. 2011. A revision of the orders Blattaria, Mantodea and Orthoptera (Insecta) from the Lower Cretaceous Crato Formation of Northeast Brazil. *der Mathematisch-Naturwissenschaftlichen Fakultät der Eberhard Karls Universität Tübingen zur Erlangung des Grades eines Doktors der Naturwissenschaften (Dr. rer. nat.)*, 251 p.
- MAISEY JG. 1991. *Santana Fossils: An Illustrated Atlas*. New Jersey: T.F.H. Publications, Neptune City, 459 p.
- MARTILL DM, CRUICKSHANK ARI, FREY E, SMAL PG AND CLARKE M. 1996. A new crested maniraptoran dinosaur from the Santana Formation (lower cretaceous) of Brazil. *J Geol Soc, London* 153: 5-8.
- MARTINS NETO RG. 1987. A paleoentomofauna Brasileira: estágio actual do conhecimento. *Anais 10th Congresso Brasileiro Paleontologia*, Rio de Janeiro II: 567-591.
- MARTINS NETO RG. 1991. Sistemática dos Ensifera (Insecta, Orthopteroidea) da formação Santana, Cretáceo Inferior do Nordeste do Brasil. *Acta Geol Leopold* 14(32): 5-160.
- MARTINS NETO RG. 2005. Estágio Atual da Paleoartropodologia Brasileira: Hexápodes, Miriápodes, Crustáceos (Isopoda, Decapoda, Eucrustacea e Copepoda) e Quelicérrados. *Arq Mus Nac*, Rio de Janeiro 63(3): 471-494.
- MARTINS NETO RG. 2006. Insetos fósseis como bioindicadores em depósitos sedimentares: um estudo de caso para o cretáceo da Bacia do Araripe (Brasil). *Rev Bras Zool*, UFJF 8(2): 159-180.
- NAISH D, MARTILL DM AND FREY E. 2004. Ecology, systematics and biogeographical relationships of dinosaurs, including a new theropod, from the Santana Formation (?Albian, Early Cretaceous) of Brazil. *Hist Biol* 16: 57-70.
- OLIVEIRA GRAND KELLNERAWA. 2005. First occurrence of *Araripemys barretoii* Price, 1973 in the Crato Member, Santana Formation (Early Cretaceous) northeastern Brazil. *Boletim de Resumos/ II Congresso Latino-Americano de Paleontologia de Vertebrados*, Museu Nacional, Rio de Janeiro 2: 193.
- PINHEIRO AP, SARAIVA AAF AND SANTANA W. 2013. Shrimps from the Santana Group (Cretaceous: Albian): new species (Crustacea: Decapoda: Dendrobranchiata) and new record (Crustacea: Decapoda: Caridea). *An Acad Bras Cienc* 86: 663-670.
- PRICE LI. 1959. Sobre um crocodilídeo notosúquio do Cretáceo Brasileiro. *Boletim do Departamento Nacional de Produção Mineral, Divisão de Geologia e Mineralogia*, Rio de Janeiro 188: 5-55.
- SARAIVA AAF, HESSEL MH, GUERRA NC AND FARA E. 2007. Concreções Calcárias da Formação Santana, Bacia do Araripe: Uma Proposta de Classificação. *Estudos Geológicos* 17(1): 40-57.
- SARAIVA AAF, RODRIGUES SRG AND KELLNER AWA. 2003. Partes vegetativas de carófitas fossilizadas no Membro Romualdo (Albiano, Formação Santana), Bacia do Araripe, nordeste brasileiro. *Bol Mus Nac*, Rio de Janeiro 70: 5-8.
- RENTZ DCF AND SU YN. 2003. Orthoptera (Grasshoppers, Locusts, Katydid, Crickets), p. 827-839. In: Resh VH and Cardé RT (Eds), *Encyclopedia of Insects*. Academic Press, California.
- VILA NOVA BC, SARAIVA AAF, MOREIRA JKR AND SAIYÃO JM. 2011. Controlled excavations in the Romualdo Formation lagerstätte (Araripe basin, Brazil) and pterosaur diversity: Remarks based on new findings. *Palaios* 26: 173-179.
- WELLNHOFER P. 1985. Nueu Pterosaurier aus der Santana-Formation (Apt) der Chapada do Araripe, Brasilien. *Palaeontographica* A187: 105-182.
- WITTON MP. 2009. A new species of Tupuxuara (Thalassodromidea, Azhdarchoidea) from the Lower Cretaceous Santana Formation of Brazil, with a note on the nomenclature of Thalassodromidae. *Cretaceous Res* 30: 1293-1300.

GEODIVERSIDADE CONCEITOS, APLICAÇÕES E ESTADO DA ARTE NO BRASIL: UMA APLICAÇÃO AO GEOPARK ARARIPE

Luís Carlos Bastos Freitas¹
César Ulisses V. Veríssimo²
Ricardo de Lima Brandão³
Marcelo Eduardo Dantas³
Edgar Shinzato³

1-Pesquisador em Geociências do Serviço Geológico Brasileiro (CPRM/SGB) – Residência de Fortaleza (REFO) – Programa de Pós-Graduação em Geologia – UFC, luis.freitas@cprm.gov.br

2- Departamento de Geologia UFC, cesarulisses85@gmail.com

3-Pesquisador em Geociências do Serviço Geológico Brasileiro (CPRM/SGB) – Escritório do Rio de Janeiro (ERJ), edgar.shinzato@cprm.gov.br

RESUMO

A geodiversidade, que em síntese é um estudo integrado do meio abiótico com base em diversas variáveis, vem se popularizando no mundo e, mais recentemente, no Brasil com os estudos realizados por diversos pesquisadores brasileiros e estrangeiros. Contudo, uma revisão de conceitos e suas aplicações são necessárias, uma vez que o avanço é dinâmico e acelerado. Faz-se aqui, uma revisão dos trabalhos realizados no Brasil, caracterizando as vertentes de pesquisa dentro da geodiversidade e dando ênfase na sua aplicação na gestão territorial. Esta revisão consistiu em uma intensiva pesquisa bibliográfica e um estudo de caso da aplicação de uma das metodologias no Geopark Araripe. Com isto, pretende-se contribuir para a consolidação de conceitos e métodos, principalmente aplicados a mapeamentos de geodiversidade na escala de detalhe.

Palavras Chave: Geoturismo; Patrimônio Geológico; Patrimônio Paleontológico; Cariri; Geoparque.

ABSTRACT

Geodiversity, which in synthesis is an integrated study of the abiotic environment based on several variables, has become popular in the world and, more recently, in Brazil with the studies carried out by several Brazilian and foreign researchers. However, a review of concepts and their applications are necessary, since the advance is dynamic and accelerated. Here, a review of the work carried out in Brazil, characterizing the research strands within geodiversity and emphasizing its application in territorial management. This review consisted of an intensive bibliographical research and a case study of the application of one of the methodologies in Araripe Geopark. This is intended to contribute to the consolidation of concepts and methods, mainly applied to geodiversity mapping in the detail scale.

Keywords: Geoturismo; Patrimônio Geológico; Patrimônio Paleontológico; Cariri; Geoparque.

INTRODUÇÃO

Segundo Pfaltzgraff e Adamy (2010), o termo “geodiversidade” foi empregado em 1993, primeiramente, na Conferência de Malvern (Reino Unido) sobre “Conservação Geológica e Paisagística”. Inicialmente, o vocábulo foi aplicado para gestão de áreas de proteção ambiental, como contraponto a “biodiversidade”, já que havia necessidade de um termo que englobasse os elementos não bióticos do meio natural (Serrano e Ruiz Flaño, 2007). Todavia, segundo levantamento dos mesmos autores, essa expressão havia sido empregada, já na década de 1940, pelo geógrafo argentino Federico Alberto Daus, para diferenciar áreas da superfície terrestre, com uma conotação de Geografia Cultural (Rojas, apud Serrano e Ruiz Flaño, 2007, p. 81).

O termo e sua aplicação evoluíram no Brasil com base nos conceitos de Stanley (2001), Xavier da Silva e Carvalho Filho (2001), Gray (2004) e por último Silva (2006). Com base nesta evolução de conceitos, a geodiversidade pôde ser aplicada para gestão territorial com diferentes abordagens e tendo como base domínios geológico-ambientais que, dependendo da escala leva em consideração um estudo sistemático de uma enorme massa de dados ambientais disponíveis em base de dados georreferenciada e, com isto, a seleção das variáveis que melhor determinam a geodiversidade em cada local.

Está evolução será apresentada e discutida neste trabalho, juntamente com uma aplicação dos conceitos já fixados para o levantamento da geodiversidade do geoparque Araripe.

MATERIAL E MÉTODOS

Foi realizada uma intensa pesquisa bibliográfica em revistas indexadas, dissertações e teses. Também foram realizados trabalhos de

campo em diferentes áreas e escalas no estado no Ceará e mais especificamente em diferentes escalas no âmbito do geoparque Araripe, localizado no sul do estado do Ceará.

A classificação e individualização de unidades geológico-ambientais tiveram como base a sequência dos trabalhos de Silva *et al.*, (2006) e Brandão e Freitas (2010, 2014). As características dos domínios e unidades geológico-ambientais aqui apresentados são resultantes de comparações com outras unidades semelhantes em todo o Brasil (CPRM - Geodiversidades Estaduais).

Classificação dos Domínios e Unidades Geológico-ambientais

O estabelecimento de domínios geológico-ambientais e suas subdivisões para a área, inserem-se nos mesmos critérios adotados para o Brasil, com o objetivo de se agrupar conjuntos estratigráficos de comportamento semelhante frente ao uso e ocupação dos terrenos.

A base da Geodiversidade, no que se refere a banco de dados, é fruto da reclassificação das unidades litoestratigráficas contidas na Base Multiescalar de Litoestratigrafia, compondo conjuntos estratigráficos de comportamento semelhante frente ao uso e ocupação. Atualmente essa base possui a estruturação em domínios e unidades geológico-ambientais apresentada em Brandão e Freitas (2014 - Apêndice I). Tal estruturação é dinâmica e, na medida do detalhamento das escalas, novos domínios e unidades podem ser inseridos como visto neste trabalho.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Geodiversidade: uma Síntese da Evolução dos Conceitos e Aplicações na Gestão Territorial

Eberhard (1997) introduziu o conceito de geodiversidade, definindo-o como “a diversidade natural entre aspectos geológicos, do relevo e dos solos”. “Cada cenário da diversidade natural (ou paisagem natural) estaria em constante dinâmica por meio da atuação de processos de natureza geológica, biológica, hidrológica e atmosférica”.

Veiga (1999) por sua vez, enfatiza o estudo das águas superficiais e subterrâneas nos estudos de geodiversidade. Para este autor a geodiversidade “expressa as particularidades do meio físico, compreendendo as rochas, o relevo, o clima, os solos e as águas, subterrâneas e superficiais, e condiciona a morfologia da paisagem e a diversidade biológica e cultural”. O estudo da geodiversidade é, em sua opinião, uma ferramenta imprescindível de gestão ambiental e norteador das atividades econômicas.

Stanley (2001) já apresenta uma concepção mais ampla para o termo “geodiversidade”, em que as paisagens naturais, entendidas como a variedade de ambientes e processos geológicos, estariam relacionadas a seu povo e a sua cultura. Desse modo, o autor estabelece uma interação entre a diversidade natural dos terrenos (compreendida como uma combinação de rochas, minerais, relevo e solos) e **a sociedade**, em uma aproximação com o clássico conceito lablacheano de “gênero de vida” (Dantas et al., 2015), discutido mais à frente.

Xavier da Silva e Carvalho Filho (2001) definem geodiversidade a partir da “variabilidade das características ambientais de uma determinada área geográfica”, cabendo ao pesquisador, com base em um estudo sistemático de enorme massa de dados ambientais disponíveis em base de dados georreferenciada, a seleção das variáveis que melhor determinam a geodiversidade em cada local.

Gray (2004) concebe uma definição bastante similar ao de Eberhard (1977); todavia, estende sua aplicação aos estudos de planejamento territorial, ainda que com ênfase destinada à geoconservação.

Com base nos conceitos anteriores, Silva *et al.*, (2006) definiu geodiversidade como “O estudo da natureza abiótica (meio físico) constituída por uma variedade de ambientes, composições, fenômenos e processos geológicos que dão origem às paisagens, rochas, minerais, águas, fósseis, solos, clima e outros depósitos superficiais que propiciam o desenvolvimento da vida na Terra, tendo como valores intrínsecos a cultura, o estético, o econômico, o científico, o educativo e o turístico.” Neste sentido, a biodiversidade está assentada sobre a geodiversidade e, por conseguinte, é dependente direta desta, pois as rochas, quando intemperizadas, juntamente com o relevo e clima, contribuem para a formação dos solos, disponibilizando, assim, nutrientes e micronutrientes, os quais são absorvidos pelas plantas, sustentando e desenvolvendo a vida no planeta Terra.

Em síntese, pode-se considerar que o conceito de geodiversidade abrange a porção abiótica do geossistema (o qual é constituído pelo tripé que envolve a análise integrada de fatores abióticos, bióticos e antrópicos). Esse reducionismo permite, entretanto, ressaltar os fenômenos geológicos em estudos integrados de gestão ambiental e planejamento territorial (Dantas et al., 2015). Firmando-se aí o estudo integrado do meio abiótico (geodiversidade) como importante ferramenta na gestão territorial.

Geodiversidade - Estado da Arte no Brasil

A partir de 2008, o Serviço Geológico do Brasil (SGB), iniciou uma

série de publicações que cobriram todo o território nacional com mapas de geodiversidade (Geodiversidade Estaduais) tomando como base o conceito cunhado a partir de 2006 pela equipe do SGB (Mapa de Geodiversidade do Brasil, 2006 e Geodiversidade do Brasil, 2008).

A partir destes trabalhos, pode-se notar, uma caracterização da geodiversidade, diferenciando-se o foco a partir da escala de aplicação e com uma grande ênfase na gestão territorial.

Em termos de informações e comunicação, buscou-se utilizar nestes trabalhos uma linguagem ao mesmo tempo precisa (porém sem se aprofundar em demasia nos conceitos técnico-científicos) e de compreensão universal, uma vez que o público-alvo é muito variado e o objetivo principal destas obras foi popularizar a geodiversidade, mostrando suas múltiplas aplicações em vários setores sociais, ambientais e econômicos.

A popularização do conhecimento consiste num alicerce fundamental para a difundir a importância da valorização e a necessidade da Geoconservação junto a Sociedade. Em Portugal, a partir da década de 90 deu-se grande ênfase ao estudo da geodiversidade para fins de geoconservação. No Brasil, alguns autores seguem a mesma vertente.

Somente no ano de 2000, sob os auspícios da UNESCO, foi criada a Rede Europeia de Geoparques cujo objetivo é proteger a Geodiversidade (meio abiótico), para promover o Patrimônio Geológico para o público em geral, bem como para apoiar o desenvolvimento econômico sustentável dos territórios dos Geoparques, principalmente com base no turismo e na educação (Medeiros *et al.*, 2015).

O tema “Geoconservação e Geoturismo”, intrinsecamente vinculado à Geodiversidade, começou a ser popularizado no Brasil em 2008

(Nascimento *et al.*, 2008 in: Geodiversidade do Brasil e Nascimento *et al.*, 2008).

A partir de 2009, livros sobre a geodiversidade de cada estado brasileiro (mapas de geodiversidade estaduais) foram lançados pelo corpo técnico do SGB. Aplicando-se ainda o mesmo sentido de Silva (2006, 2008).

Em 2009 uma edição especial da Revista do Instituto de Geociências – USP trouxe uma série de artigos relacionados ao tema Geoparques (Bacci *et al.*, 2009; Brilha, 2009; Delphim, 2009; Guimarães *et al.*, 2009; Mansur *et al.*, 2009; Martini, 2009; Menegat, 2009; Modica, 2009; Ruchkys, 2009).

Em 2010, o SGB lançou livros de geodiversidade dos estados de Minas Gerais (Machado e Silva, 2010), Bahia (Carvalho e Ramos, 2010), Rio Grande do Norte (Pfaltzgraff e Torres, 2010a), Amazonas (Maia e Marmos, 2010), Mato Grosso do Sul (Theodorovicz e Theodorovicz, 2010), Piauí (Pfaltzgraff e Torres, 2010b), Rio Grande do Sul (Vieiro e Silva, 2010), São Paulo (Peixoto, 2010) e Rondônia (Adamy, 2010).

Em 2012, mais de duas dezenas de trabalhos relacionados principalmente ao Patrimônio/geoconservação (Almeida e Almeida, 2012; Almeida e Porto Jr, 2012; Beliani e Scheiner 2012; Garcia, 2012; Liccardo *et al.*, 2012a; Teixeira *et al.*, 2012), geoturismo (Bento *et al.*, 2012; Campello *et al.*, 2012; Garofano, 2012; Liccardo e Hornes, 2012; Lopes *et al.*, 2012; Mantesso-Neto *et al.*, 2012; Nummer *et al.*, 2012; Pereira *et al.*, 2012; Sena *et al.*, 2012) e à educação ambiental (Ruchkys *et al.*, 2012; Russ e Nolasco 2012) foram publicados no Anuário do Instituto de Geociências – UFRJ caracterizando a grande preferência do corpo técnico nacional por esta vertente.

Em 2013 o Boletim Paranaense de Geociências, dando uma grande ênfase ao Patrimônio Geológico/Mineiro, publicou uma edição especial com artigos relacionados: (Mansur *et al.*, 2013; Carcavilla *et al.*, 2013; Guimarães *et al.*, 2013; Mantesso Neto *et al.*, 2013; Ruchkys e Machado, 2013; Marchán e Sánchez, 2013; Miranda e Lema, 2013; Nascimento *et al.*, 2013; Mansur *et al.*, 2013b; Liccardo e Chierigati, 2013; Shimada, 2013; Lobo e Boggiani, 2013; Salamuni *et al.*, 2013).

No mesmo ano foi lançado pelo SGB o livro sobre a geodiversidade do estado do Pará (João *et al.*, 2013). Em 2014, o SGB lançou livros de geodiversidade dos estados de Roraima (Holanda *et al.*, 2014), Pernambuco (Torres e Pfaltzgraff, 2014), Espírito Santo (Silva e Machado, 2014), Goiás e DF (Moraes, 2014) e Ceará (Brandão e Freitas, 2014). Em 2015 foi lançado o livro de geodiversidade do estado do Acre (Adamy, 2015).

Segundo Medeiros *et al.*, 2015 os geoparques representam parte de um conceito holístico de proteção, educação e desenvolvimento sustentável. Nesses espaços são valorizadas atrações turísticas locais com ênfase nos aspectos geológicos, maximizando o Geoturismo. Esta atividade traz benefícios econômicos locais e incentiva as pessoas a conhecerem a evolução do seu local e paisagem.

Em 2016, livros sobre a geodiversidade dos estados de Alagoas (Villanueva, 2016), Amapá (João e Teixeira, 2016) e Santa Catarina (Viero e Silva, 2016) também foram publicados. Em 2017, foi publicado o livro sobre a geodiversidade do estado do Sergipe (Carvalho e Martins, 2017).

O conceito Lablachiano (La Blache, 1911) de “gênero da vida” é aplicado à geodiversidade e sua relação na concepção de Geoparques Mundiais da UNESCO; o exemplo do Geopark Araripe

O conceito de “gênero da vida” pode ser aplicado às propostas dos geoparques da Unesco, onde a condição principal para idealização de um geoparque é a interação do povo com o “Geo”, aproximando-se do conceito de gênero da vida, de La Blache. Para La Blache, as regiões constituíam um meio vivo que proporcionariam o desenvolvimento das sociedades. Com a utilização dos recursos regionais naturais, a vida em sociedade constituiria, então, o que se denominou por gêneros de vida.

A ideia de que o homem, desde seus primórdios, é um grande modificador do meio é bem conhecida, no entanto, deve-se observar que o meio também determina os gêneros de vida de um povo. No caso da Bacia Sedimentar do Araripe, e mais especificamente no Vale do Cariri, a história geológica de uma bacia sedimentar policíclica mesozoica é um grande determinante no gênero de vida da população.

Os litótipos cretácicos da Formação Exu, em contato com os litótipos síltico-argilosos do Membro Romualdo da Formação Santana condicionam a existência de várias surgências de água que abastecem perenemente o Vale do Cariri. Também relativo a recursos hídricos, logo abaixo estão as Formações Rio da Batateira e Missão Velha que absorvem novamente estas águas, formando juntamente com os arenitos da Formação Exu os dois aquíferos mais importantes da região, proporcionando uma condição hídrica favorável, diferente do existente nas regiões semiáridas do seu entorno. Aliado a isso, uma condição

geomorfológica associada aos litotipos e tectônica mais atual, condicionaram uma inversão de relevo ocasionada pela sustentação de um relevo mais novo pela diferença de resistência de materiais (linhas de colúvio antigas formadas a partir de fluxos de detritos; Peulvast *et. al.*, 2011) isto proporcionou, por exemplo, a instalação da cidade do Crato. Este fato foi determinante na morfologia do atual relevo de morros e na escarpa de borda de chapada que confere uma beleza diferenciada, mesmo entre outras cidades instaladas na região do Cariri.

A natureza litológica da Formação Arajara, associada às condições de saturação, percolação e surgência de água, assim como o condicionamento estrutural refletido nas camadas acima, proporcionou a escavação do relevo, formando vales encaixados com clima úmido e a carstificação em seus arenitos formando localmente cavidades e abrigos naturais. Não podemos esquecer, que, devido à existência de água em abundância, e um clima favorável, proporcionou-se, também, a formação de solos mais espessos e de boa qualidade, condição que proporcionou instalação de uma vegetação tropical úmida onde é hoje a Floresta Nacional do Araripe (FLONA), a primeira floresta nacional do Brasil.

Estas condições favoreceram também a instalação da primeira fauna “moderna”. Tais evoluções do ambiente e paisagem atraíram os primeiros habitantes da região, os ancestrais dos índios kariris. Estes deixaram registradas nos arenitos diversas gravuras e pinturas rupestres, assim como desenvolveram com o tempo uma complexa cerâmica e artesanato em fragmentos líticos. Como pode ser visto no Memorial do Homem Kariri (Fundação Casa Grande-Nova Olinda/CE).

A qualidade dos solos atrai os primeiros povos modernos para o

cultivo de cana de açúcar, instalada principalmente nos solos derivados dos litótipos carbonáticos e síltico-argilosos da Formação Santana, trazendo a cana de açúcar.

Com o passar do tempo e o desenvolvimento político-econômico da região do Cariri, a cana de açúcar deixou de ser economicamente viável, passando do cultivo para a agricultura de subsistência e pastoreio.

Na década de 60, outro grande interesse foi despertado, também derivado das condições ímpares da geologia local, que são os grandes depósitos de calcário laminado e gipsita dos membros Crato e Ipubi da Formação Santana.

Os mineiros, muitos sem uma educação básica, começam um aprendizado geológico próprio, aplicando novos termos e técnicas próprias para classificar e explorar os recursos minerais, dando início a um aprendizado cultural e dialeto regional que podemos comparar a geolinguística. “Taiado” (Frente de lavra), “matracão” (calcarenitos), “capa” (fácies carbonática/calcário maciço), lajão (várias fácies laminadas exploradas comercialmente) são termos utilizados para classificar as rochas composicionalmente e economicamente, assim como formas de exploração e jazimento.

Graças à extração de calcário e gipsita, descobriu-se um novo valor para a geodiversidade do Araripe, o grande potencial fossilífero do Membro Crato, sendo considerado atualmente como um *konservat lagerstatten*, termo utilizado para designar depósitos fossilíferos de excepcional preservação de seus espécimes, comparável a outros grandes exemplos mundiais como *Burgess Shale* da Columbia britânica, associada à explosão de vida no Cambriano e ao Calcário *Solnhofen* de onde veio o mais antigo “pássaro” conhecido, o *archaeopteryx*. No

Araripe, paralelo as descrições complexas realizadas por pesquisadores; “Mandacaru” (*brackfilum obesum*), “bacalhau” (*cladociclos gardineri*) e “piaba” (*dasilbe elongatus*) são exemplos de geolingüística aplicada à nomenclatura biológica dados aos fósseis pelos mineradores. Estes “apelidos” podem variar de “taiado” para “taiado” ou mesmo do tempo de aprendizado e trabalho, dando início a várias histórias que incrementam o folclore da região.

Desde o início da história de ocupação do Araripe até as épocas atuais, a mineração, o turismo relacionado a balneários em fontes naturais, e a flora e fauna da região são os principais atrativos turísticos.

Esta valiosa e rara interação do povo com o meio ambiente que define a região do Cariri e o seu tradicional e peculiar “gênero de vida”, no melhor estilo Lablachiano, associada a costumes, culinária, cultura diferenciada na região, e não podemos deixar de destacar a excelência dos depósitos fossilíferos foi percebida por alguns pesquisadores locais que tiveram a iniciativa de candidatar a região a geoparque, sendo aceito na Rede Global de Geoparques em 2005, se consagrando como o primeiro Geoparque das Américas.

Esta interação povo/cultura com o “GEO” em seu sentido mais amplo (Gaya, mãe terra) parece ser um dos principais requisitos para concepção de um geoparque nos moldes do IGGP.

Contudo, a ideia de que, no geral, o homem modifica o meio não deve ser incentivada ou aceita como uma coisa natural em um geoparque, uma vez que isto acontecendo, retirará toda a capacidade de gerações futuras evoluírem e interagirem junto com o meio e em perfeita harmonia (em uma espécie de protocooperação). A tendência em regiões mais evoluídas é a descaracterização do meio. Isto pode ser

observado no geoparque Araripe, em que a grande maioria dos geossítios estão afastados dos grandes núcleos urbanos, sendo a região de Santana do Cariri e Nova Olinda onde se encontram mais preservados os valores intrínsecos da geodiversidade.

Estes ambientes devem ser restritos, não na concepção de que o ser não possa sair dele ou manter contato com o meio externo, mas sim na concepção que estas características especiais são restritas a aquele meio, geralmente delimitados pela própria característica inicial, o “Geo”. E neste sentido a Bacia Sedimentar do Araripe se aplica perfeitamente.

Diferenciação da geodiversidade aplicada à gestão territorial em diferentes escalas

Um ótimo exemplo da Geodiversidade aplicada à gestão territorial são os mapas de geodiversidade desenvolvidos pelo SGB onde podemos observar uma diferenciação de abordagem de acordo com a escala e público alvo: Definição de zonas homólogas em **Macro Escalas** – individualização de domínios geológico ambientais, utilizado para macroplanejamento, linguagem intermediária; Definição de zonas homólogas em **Escala Regionais** – individualização de unidades geológico ambientais. Utilização de parâmetros morfométricos. Definição de potencialidades, favorabilidades para os diversos usos do território. Aplicação para gestão territorial; Definição de zonas homólogas e em **Escala Locais** (detalhe e semi-detanha): Aplicação para gestão do território, inventário do patrimônio, geoconservação, geoturismo, redução de riscos e prevenção de desastres naturais.

A origem das Paisagens; um exemplo no Geopark Araripe

Os litótipos da Bacia Sedimentar do Araripe estão agrupados em um grande domínio que compreende o empilhamento de camadas horizontalizadas a subhorizontalizadas, não deformadas, de composição e granulometria variáveis, depositadas na bacia sedimentar do Araripe, que corresponde às áreas da chapada do Araripe e do vale do Cariri; e num conjunto de bacias interiores menores – Iguatu, Icó, Lima Campos, Rio do Peixe e Lavras da Mangabeira situadas, na porção centro-sul do estado. Essas bacias foram originadas no evento tectônico distensivo responsável pela ruptura do paleocontinente Gondwana, com a consequente separação América do Sul - África e formação do oceano Atlântico meridional, durante o final do Jurássico e início do Cretáceo.

A chapada do Araripe representa uma vasta superfície de cimeira alçada em cotas variando entre 800 e 950 m, sendo abruptamente delimitada em todos os flancos por escarpas festonadas em franco recuo erosivo com desnivelamentos totais que variam entre 250 m (próximo à divisa com o estado do Piauí, a oeste) a 500 m (no contato com a Depressão do Cariri, a leste). Em termos gerais, a escarpa do Araripe que, no estado do Ceará, consiste em seu flanco norte, representa um imponente escarpamento dissecado em amplos arcos de cabeceiras de drenagem particularmente notáveis junto à Depressão do Cariri e, esporadicamente, sulcados em vales encaixados, como os observados junto às localidades de Araripe e Santana do Cariri. No sopé do Araripe, em sua porção ocidental, foram depositadas extensas rampas coluvionares que se espraiam em meio aos terrenos mais baixos da Depressão Sertaneja.

Segundo Dantas *et al.*, 2014, esta unidade configura-se num planalto elevado constituído por rochas sedimentares da Bacia do Araripe, posicionado na porção meridional do território cearense, perfazendo limites com os estados de Pernambuco e Piauí. Trata-se de uma vasta mesa de formato alongado, cujo eixo maior de direção aproximada ENE-WSW apresenta 170-180 km de extensão. O eixo menor, por sua vez, de direção aproximada SSE-NNW apresenta entre 50 e 70 km de extensão (Souza *et al.*, 1988). Os arenitos cretácicos da Formação Exu, muito resistentes à erosão, sustentam o topo plano da chapada formando, inclusive, cornijas no topo da escarpa.

Apresenta solos profundos e permeáveis, desenvolvidos sobre rochas areníticas (Souza *et al.*, 1979) e revestidos por um extenso reduto de vegetação de cerrado. Entretanto, ao contrário da chapada do Apodi, a do Araripe exhibe, devido ao efeito orográfico, uma área de brejo úmido com alta densidade de drenagem em suas faces norte e nordeste (justamente as que estão voltadas para o Ceará) devido ao barramento da umidade proveniente do deslocamento da ZCIT para sul durante o verão e outono. Souza (1988) denomina esta área de “brejo de encosta”.

Este fato explica uma melhor condição de umidade numa região tradicionalmente denominada de Cariri, no sopé da escarpa norte do Araripe e na depressão periférica subjacente (“depressão do Cariri”), onde está situado o aglomerado urbano de Crato, Barbalha e Juazeiro do Norte. Esta região é, portanto, caracterizada por um clima subúmido com precipitação média anual entre 850 e 1.600mm e estiagem expressiva, entre 4 e 6 meses. (Rodríguez e Silva, 2002; Magalhães *et al.*, 2010).

Em associação à dinâmica climática supramencionada, deve-se

ressaltar o fato de que as camadas de rochas sedimentares na chapada do Araripe sofreram um basculamento para norte, fato que contribuiu para produzir um movimento da água subterrânea nesta direção e o surgimento de muitas nascentes (“olhos d’água”) na borda norte do Araripe (Andrade, 1964). Trata-se do Cariri úmido, revestido por um reduto de mata atlântica. Em contraste, as vertentes sul e leste, voltadas para o Pernambuco e a Paraíba, são muito mais áridas (Dantas *et al.*, 2008). Neste cenário, destaca-se outra região, denominada Cariri seco onde está situado o emblemático núcleo urbano de Exu, já em território pernambucano. Esta localidade, assolada pelas dificuldades impostas pela semiaridez, consiste na terra natal do famoso compositor e músico Luiz Gonzaga.

A superfície cimeira do Araripe está sustentada por arenitos e arenitos conglomeráticos de idade cretácica, da Formação Exu. Nas escarpas erosivas da vertente norte da chapada, por sua vez, afloram sedimentos, também cretácicos, da Formação Santana (calcários, folhelhos, margas e evaporitos) e, na base, arenitos, de idade jurássica, da Formação Missão Velha. Ocorre um predomínio, nos topos, de Latossolos Vermelho-Amarelos distróficos. Nas escarpas serranas, por sua vez, predominam Neossolos Litólicos eutróficos e, subordinadamente, Luvisolos Crômicos e Argissolos Vermelhos eutróficos (IBGE-EMBRAPA, 2001). Não existe qualquer núcleo urbano de expressão sobre a chapada do Araripe. Todavia, no sopé, existem diversas cidades, tais como Salitre, Araripe, Santana do Cariri, Porteiras e Jardim, além do núcleo metropolitano de Juazeiro do Norte, Crato e Barbalha (Dantas *et al.*, 2014).

Adequabilidades e limitações dos domínios geológicos ambientais na Bacia Sedimentar do Araripe

Em função das características composicionais e texturais das rochas e, conseqüentemente, das diferentes implicações quanto ao uso e ocupação, além de outros aspectos da geodiversidade, o domínio DCMR (Domínio dos Sedimentos Mezozóicos Associados a Bacias do Tipo Rife) no estado do Ceará foi subdividido em três unidades geológico-ambientais, distribuídas por uma área de 6.190 km², o que representa 4,3% do território cearense.

Na unidade de geodiversidade DCMRa (predomínio de sedimentos arenosos) foram agrupadas na Bacia Sedimentar do Araripe as formações Exu, Rio da Batateira, Missão Velha e Mauriti. As formações Icó, Lima Campos e Antenor Navarro, que preenchem as pequenas bacias isoladas de Iguatu, Icó, Lima Campos, Rio do Peixe e Lavras da Mangabeira são exemplos de outras unidades associadas a esta unidade em outras bacias.

A unidade DCMRsa (predomínio dos sedimentos siltico-argilosos) compreende os folhelhos e siltitos, com intercalações de arenitos finos, da Formação Brejo Santo e o Membro Romualdo da Formação Santana (Bacia do Araripe) e Malhada Vermelha (bacias de Iguatu, Lima Campos e Icó). A Formação Santana, pertencente à Bacia do Araripe, foi enquadrada, no Mapa Geodiversidade do Estado do Ceará (Brandão e Freitas, 2010), na unidade DCMRcsa (calcários com intercalações siltico-argilosas e camadas evaporíticas). No entanto, o membro Romualdo pode ser desmembrado desta unidade e incorporada ao DCMRsa em escala de maior detalhe, assim como algumas fácies da formação Missão Velha, constituem um novo subdomínio, não

apresentado em mapas de Geodiversidade Estaduais devido a escala ampla de trabalho.

Adequabilidades e limitações frente ao uso e ocupação

Obras de engenharia e suscetibilidade a desastres naturais:

As rochas do domínio DCMR são, em geral, pouco a moderadamente coesas: possuem baixa a média resistência ao corte e à penetração, podendo ser escavadas com certa facilidade com máquinas e ferramentas leves. Em certas áreas da unidade DCMRa, os arenitos mostram-se bastante silicificados, tornando-se bem mais endurecidos e resistentes.

Os solos residuais, predominantemente arenosos nas áreas onde ocorre a unidade DCMRa, são naturalmente erosivos e desestabilizam-se com facilidade em taludes de corte. No caso da unidade DCMRsa, a presença de folhelhos finamente laminados facilita os deslocamentos em taludes de corte. Essas rochas podem gerar solos que contêm grande quantidade de argilominerais expansivos (solos erosivos e colapsíveis), inadequados para uso como material de empréstimo e instáveis em taludes de corte.

Na unidade geológico-ambiental DCMRcsa, o predomínio de rochas carbonáticas, que se dissolvem com facilidade pela ação das águas, embora ainda não constatadas na área por não ser o principal aquífero da região, podem formar cavidades subterrâneas que causam abatimentos e colapsos da superfície do terreno. As grandes obras de engenharia devem ser precedidas de investigações geológicas e geotécnicas, a fim de identificar a possível existência dessas feições. Deve-se evitar o excessivo bombeamento de água subterrânea, pois nas áreas de rochas calcárias pode causar o intenso

rebaixamento do lençol freático e, conseqüentemente, induzir ou acelerar os processos de abatimento e colapso dos terrenos.

Magalhães *et al.*, (2010) apontam para os problemas decorrentes da expansão desordenada da malha urbana conurbada de Juazeiro do Norte - Crato - Barbalha em direção às vertentes do Araripe. Desmatamento generalizado, superexploração e poluição dos recursos hídricos e ocupação urbana junto às calhas dos cursos fluviais são os mais relevantes impactos ambientais impostos à região. Registros estratigráficos de corridas de massa de proporções quilométricas no sopé da escarpa do Araripe são mencionados por Peulvast *et al.*, 2001 e Peulvast e Betard, 2015, formando extensos depósitos de colúvio (DCMR) denunciam o risco potencial a que a população está submetida com o avanço da ocupação humana nessas áreas.

Em 2011, uma enxurrada de grandes proporções atingiu a sede municipal do Crato, causando vários prejuízos materiais.

Agricultura:

As áreas de relevo plano e suavemente ondulado têm baixa suscetibilidade à erosão dos solos e são favoráveis à mecanização agrícola.

A região do Cariri, geologicamente sustentada por rochas da Bacia do Araripe, é coberta por vales espraiados e coalescentes, formados a partir da ramificação da drenagem originada pelas centenas de fontes e ressurgências, que brotam no contato entre arenitos e formações pelíticas subjacentes, nos rebordos da chapada do Araripe. Apresenta condições hídricas (superficiais e subterrâneas) excelentes e solos (aluviais) de alta fertilidade natural, potencializando sua vocação para produções agrícolas diversificadas.

Os solos arenosos (unidade DCMRa) são mais erosivos, de baixa fertilidade natural, com elevado índice

de acidez e, devido à alta permeabilidade, possuem baixa capacidade de reter água e nutrientes, respondendo mal à adubação. Os solos síltico-argilosos e argilosos, presentes nas unidades DCMRsa e DCMRcsa, são mais porosos, de boa capacidade hídrica, mantendo boa disponibilidade de água para as plantas por longo tempo nos períodos secos. Apresentam alta capacidade de reter e fixar nutrientes e de assimilar matéria orgânica, respondendo bem à adubação. No processo de alteração das rochas calcárias (unidade DCMRcsa) são liberados vários nutrientes, principalmente cálcio e magnésio, o que torna seus solos de elevado potencial agrícola.

Por outro lado, solos argilosos e síltico-argilosos compactam-se e impermeabilizam-se bastante quando submetidos à mecanização agrícola excessiva e ao intenso pisoteio pelo gado, intensificando o escoamento superficial e a erosão hídrica.

Recursos hídricos subterrâneos e fontes poluidoras:

As formações predominantemente de natureza pelítica (Brejo Santo e Malhada Vermelha) da unidade DCMRsa, são impermeáveis a semi-permeáveis, de baixo a muito baixo potencial hidrogeológico. Localmente podem apresentar condições aquíferas, devido às intercalações com níveis areníticos.

O potencial hidrogeológico das rochas carbonáticas (unidade DCMRcsa) é bastante irregular: o fluxo de água subterrânea se dá através de fraturas e canais de dissolução, funcionando como aquíferos fissurais. Esses terrenos podem conter cavidades subterrâneas, onde as águas se acumulam em volumes consideráveis, formando aquíferos cársticos que fornecem boas vazões em poços tubulares.

Há grande capacidade transmissora e armazenadora de água subterrânea nos arenitos da unidade DCMRa, resultando em aquíferos de elevada produtividade, como as Formações Missão Velha e Mauriti (Bacia do Araripe). No aquífero Missão Velha são encontradas as maiores vazões, em todo o estado do Ceará, em captações feitas por poços tubulares, chegando a 300 m³/hora. Elevado potencial de recarga dos aquíferos, principalmente nas superfícies planas de platôs e topos de chapadas. É o caso do arenito Exu, que ocorre capeando a chapada do Araripe: sua capacidade de armazenamento de água é baixa, porém é uma excelente área de recarga para as unidades subjacentes.

A concentração de Sólidos Totais Dissolvidos (STD), verificada na grande maioria dos poços perfurados nos aquíferos da Bacia do Araripe, situa-se abaixo de 500 mg/l, o que significa uma condição muito boa quanto à qualidade química das águas para este parâmetro.

Sedimentos e solos arenosos da unidade DCMRa são muito porosos e permeáveis, o que torna esses terrenos altamente vulneráveis à contaminação das águas subterrâneas. Cuidados especiais devem ser tomados com a instalação de fontes potencialmente poluidoras nessas áreas.

No caso das outras duas unidades (DCMRsa e DCMRcsa), os sedimentos síltico-argilosos e argilosos, predominantes, e os solos deles provenientes, são pouco permeáveis e possuem melhor capacidade para reter poluentes, entretanto, pela própria natureza dos sedimentos são péssimos aquíferos.

Potencial Mineral:

Nesse domínio são produzidos, em larga escala, as rochas calcárias da Formação Santana aproveitados para fabricação de pisos e revestimentos, destacando-se as minas dos municípios

de Santana do Cariri e Nova Olinda. Em grande parte, essa atividade causa impactos ambientais relacionados à lavra predatória, que avança sobre os depósitos fossilíferos, à disposição inadequada dos rejeitos, à degradação paisagística e à desestabilização de encostas. As rochas carbonáticas também têm potencial para a fabricação de cimento, cal, e corretivo de solos. Entretanto, faltam estudos no que se refere ao potencial fossilífero do rejeito e seu aproveitamento na fabricação de cimento. Se os mesmos forem fossilíferos, o que é bem provável pela localização estratigráfica, a utilização para estes fins estaria contribuindo para a degradação do Patrimônio Paleontológico Brasileiro.

Existência de importantes depósitos de gipsita, que ocorrem intercalados nas rochas calcárias, destacando-se as áreas onde existem minas na bacia do Araripe, principalmente em Santana do Cariri. Quando calcinada a gipsita dá origem ao gesso, que possui múltiplas aplicações: construção civil (fabricação de cimento, paredes e tetos), agricultura, medicina ortopédica e indústrias diversas (papel, tintas etc).

No âmbito da unidade DCMRa existem áreas com potencial para extração de areia para uso na construção civil. Água mineral é outro recurso com potencial de exploração, com destaque para as fontes da bacia do Araripe, em especial do aquífero Missão Velha. Argilitos e siltitos, presentes na unidade DCMRsa, podem ser utilizados como materiais de construção civil.

Aspectos ambientais e potencial turístico/geoturístico

As formas de relevo modeladas nas rochas da bacia sedimentar do Araripe, como chapadas, escarpas e tabuleiros (mesetas), além de afloramentos rochosos que exibem interessantes feições ruiformes, resultantes da ação erosiva em arenitos,

constituem locais de significativa beleza cênica, com potencial para o desenvolvimento de atividades turísticas/geoturísticas.

A bacia sedimentar do Araripe representa um patrimônio geológico-paleontológico de grande interesse científico e geoturístico, caracterizado por importantes registros da evolução geológica dos períodos Jurássico e Cretáceo e por abundantes depósitos fossilíferos, muito bem preservados, dos mais diversos tipos de animais e plantas cretácicas. Para valorizar e divulgar esse acervo geocientífico, foi criado pela UNESCO, em 2006, o Geopark Araripe, primeiro das Américas, com uma área de aproximadamente 3.520 km².

Merece destaque, também, a Floresta Nacional do Araripe – FLONA, primeira floresta nacional criada no país, no ano de 1946, que ocupa os níveis de cimeira da chapada do Araripe, onde predomina vegetação dos tipos cerrado e cerradão.

Nas áreas de declives acentuados (relevo montanhoso, escarpas serranas, degraus estruturais e rebordos erosivos), a suscetibilidade à erosão e movimentos de massa é alta.

CONCLUSÕES

Atualmente, no Brasil, uma grande vertente da Geodiversidade encontra-se voltada para fins de conservação do patrimônio e gestão do território, resultante de um crescente amadurecimento da visão de proteção do patrimônio geológico da Terra.

Uma avaliação do meio físico partindo de uma escala de menor para maior detalhe, permite que os dados levantados possam ser comparáveis com outros estudos de mesma natureza. Esta comparação é de suma importância principalmente na quantificação do patrimônio e elaboração de índices da geodiversidade, dando maior confiabilidade e permitindo a comparação entre seus valores mesmo

em diferentes estudos. Este tipo de avaliação da geodiversidade tira a subjetividade do valor intrínseco, e ainda, torna-o mais confiável uma vez que é possível mensurá-lo com precisão através de comparações com outras unidades geológico ambientais. Trabalhos em detalhe irão dar suporte a outros de detalhe, partindo de uma individualização em escala regional do território, pode se aferir com grande porcentagem de certeza as características do território a ser estudado.

Pode-se observar, também, que o geoturismo está intimamente ligado ao conhecimento do povo sobre o geopatrimônio e que não há turismo se não tiver o interesse, não há interesse se não houver o conhecimento e não há o conhecimento se não houver a divulgação, e este turismo só será “Geo” se o interesse for intrinsecamente ligado à terra.

REFERÊNCIAS

- Adamy, A. (Org). 2010. Geodiversidade do Estado de Rondônia – Porto Velho: CPRM, 337 p.: 30 cm + 1 DVD-ROM. ISBN:978-85-7499-127-6.
- Adamy, A. (Org). 2015. Geodiversidade do Estado do Acre – Porto Velho: CPRM, 321 p.: 30 cm + 1 DVD-ROM. ISBN: 978-85-7499-156-6.
- Almeida, S., Almeida, C. M. 2012. Fortaleza de Santa Cruz: Patrimônio Histórico e Geológico de Niterói, RJ. *Santa Cruz Fortress: Historical and Geological Heritage of Niterói, RJ, Brazil*. Anuário do Instituto de Geociências – UFRJ, v. 35 – 1, p.222-235.
- ALMEIDA, S., PORTO JR, R. 2012. Projeto Ciclo das Rochas: Um Exemplo bem sucedido do Uso do Patrimônio Geológico como Estímulo ao Aprendizado de Ciências Naturais. “*Cycle of Rocks*” Project: *a Successful Example of Using Geological Heritage as a Stimulus to the Natural Sciences Learning*. Anuário do Instituto de Geociências-UFRJ, v. 35-1. p. 28-33.
- Andrade, M.C. 1964. O Cariri cearense. *Revista Brasileira de Geografia*, Rio de Janeiro, v. 26, nº. 4, p.549-592.
- Bacci, D. C., Piranha, J. M., Boggiani, P. C., Lama, E. A. 2009. GEOPARQUE - Estratégia de Geoconservação e Projetos Educacionais GEOPARK - *Strategy of Geoconservation and Educational Projects*. *Revista do Instituto de Geociências – USP, Publ. espec.*, São Paulo, v. 5, p. 7-15.
- Bandeira, I. C. N. (Org). 2013. Geodiversidade do Estado do Maranhão – Teresina: CPRM, 294 p., 30 cm + 1 DVD-ROM.
- Beliani, E., Scheiner, T. 2012. A Contribuição da Museologia para a Difusão do Patrimônio Geológico do Parque Nacional da Tijuca. *The Contribution of Museology to the Diffusion of the Geological Heritage of the National Park of Tijuca*. Anuário do Instituto de Geociências – UFRJ, v. 35-1. p.68-79.
- Bento, L. C. M., Araujo, M. S., Rodrigues, G.S. S. C., Silva, V. P. E Rodrigues, S. C. 2012. Potencial Geoturístico das Quedas D’água de Indianópolis-MG para o Público Escolar: Unindo Ciência e Contemplação. *Geotouristic Potential of Indianópolis Waterfalls in the State of Minas Gerais for Scholars: Uniting Science and Contemplation*. Anuário do Instituto de Geociências – UFRJ, v. 35-1, p.152-164.
- Brandão, R. L., Freitas, L. C. B. (Org.). 2014. Geodiversidade do Estado do Ceará - Programa Geologia do Brasil. Levantamento da Geodiversidade, Fortaleza: CPRM. 214 p., 30 cm + 1 DVD. ISBN 978-85-7499-140-5.
- Brilha, J. B. R. 2005. Patrimônio Geológico e Geoconservação: A conservação da Natureza na sua Vertente Geológica. Braga: Palimage Editores, 183 p.
- Brilha, J. B. R. 2009. A Importância dos Geoparques no Ensino e Divulgação das Geociências. *The Importance of Geoparks for the Geosciences Teaching and Interpretation*. *Revista do Instituto de Geociências – USP*.

- Publ. espec., São Paulo, v. 5, p. 27-33.
- Campello, M. S., Ruchkys, U. A., Haddad, E. A., Machado, M. M. M. 2012. Cavidades Naturais da Pedra Grande de Igarapé – Geossítio de Relevância Espeleológica do Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais. *Caves of Pedra Grande de Igarapé Region – Geosite With Speleological Relevance in the Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais*. Anuário do Instituto de Geociências – UFRJ, v. 35 – 1, p.252-260.
- Carcavilla, L., Durán, J. J., López-Martinez, J. 2008. *Geodiversidad: concepto y relación con el patrimonio geológico. Geo-Temas, 10, In: CONGRESO GEOLÓGICO DE ESPAÑA*, 7, Las Palmas de Gran Canaria, p.1299-1303.
- Carcavilla, L., Durán, J. J., García-Cortéz, Á., López-Martínez, J. 2009. *Geological Heritage and Geoconservation in Spain: Past, Present, and Future*. *Geoh Heritage*, 1: 75-91.
- Carcavilla, L., Díaz-Martínez, E., Erikstad, L., García-Cortés, A. 2013. Valoración del Patrimonio geológico en Europa. Volume 70, 28 - 40
- Carvalho, L. M., Hermes, I., Freitas, L. C. B., Cunha, F. L. B. In: **RECURSOS MINERAIS. 2010**. In: Pfaltzgraff, P. A. S., Torres, F. S. de M. (Org.) 2010. Geodiversidade do Estado do Rio Grande do Norte, p. 25-36. Recife: CPRM.
- Carvalho, L. M., Ramos, M. A. B. (Org.) 2010. Geodiversidade do Estado da Bahia, Salvador: CPRM, 184 p., 30 cm + 1 DVD.
- CPRM-Serviço Geológico Do Brasil. 2006. Mapa geodiversidade do Brasil. Brasília: CPRM; MAPA. Escala 1:2.500.000. 1CD-ROM. Legenda expandida.
- Delphim, C. F. M. 2009. Patrimônio cultural e geoparque cultural heritage and geopark. *Revista do Instituto de Geociências – USP. Publ. espec.*, São Paulo, v. 5, p. 75-83.
- Eberhard, R. (Ed.). 1997. Pattern and process: towards a regional approach to national estate assessment of geodiversity. *Technical Series*, n. 2. Australian Heritage Commission; Environment Forest Taskforce, Environment Australia, Canberra.
- Garcia, M. G. M. 2012. Gondwana Geodiversity and Geological Heritage: Examples from the North Coast of São Paulo State, Brazil. *Geodiversidade do Gondwana e Patrimônio Geológico: Exemplos da Costa Norte do Estado de São Paulo, SP*. Anuário do Instituto de Geociências – UFRJ, v. 35-1, p.101-111.
- Garofano, M. 2012. Challenges in the Popularization of the Earth Sciences. Geotourism as a New Medium for the Geology Dissemination. *Desafios da Popularização das Ciências da Terra. Geoturismo como um Novo Meio Para a Disseminação da Geologia*. Anuário do Instituto de Geociências – UFRJ, v. 35-1, p.34-41..
- Gray, M. 2004. *Geodiversity: valuing and conserving abiotic nature*. New York: John Wiley e Sons, 434 p.
- Guimarães, G. B., Melo, M. S; Mochiutti, N. F. 2009. Desafios da Geoconservação nos Campos Gerais do Paraná The Challenges of Geoconservation in the Campos Gerais of Paraná. *Revista do Instituto de Geociências – Publ. espec.*, São Paulo, v. 5, p. 47-61.
- Holanda, J. L. R., Marmos, J. L., E Maia, M. A. M. (Org.). 2014. Geodiversidade do Estado de Roraima – Manaus: CPRM. 252 p., il., color., 30 cm + 1 DVD. ISBN 978-85-7499-162-7.
- João, X. S. J., Teixeira, S. G., Fonseca, D. D. F. (Org.). 2013. Geodiversidade do Estado do Pará, Belém: CPRM. 258 p.: il. 30 cm + 1 DVD-ROM.
- João, X. S. J., Teixeira, S. G. (Org.). 2016. Geodiversidade do Estado do Amapá, Belém, CPRM, 138 p., il., color., 30 cm + 1 DVD-ROM..
- Liccardo, A., Chierigati, L. A. 2013. A Extração de Diamantes na História

- ecológica e Mineral no Paraná. Boletim Paranaense de Geociências, v. 70, p.166-179.
- Liccardo, A., Mantesso-Neto, V., Piekarz, G. F. 2012. Geoturismo Urbano – Educação e Cultura. Urban Geotourism – Education and Culture. Anuário do Instituto de Geociências – UFRJ, v. 35-1, p.133-141.
- Liccardo, A., Hornes, K. L. 2012. Diamante de Tibagi no Paraná - Patrimônio Geológico-Mineiro e Cultural. Diamond From Tibagi in Paraná – Geological-Mining And Cultural Heritage. Anuário do Instituto de Geociências – UFRJ, v. 35-1, p.142-151.
- Lopes, L. S. DE O., Araújo, J. L. L E Nascimento, M. A. L. 2012. Valores de Uso Turístico dos Geossítios de Sete Cidades (PI). Using Values of Tourism Geosites Seven Cities (PI). Anuário do Instituto de Geociências – UFRJ, v. 35-1, p. 209-221.
- Machado, M. F., Silva, S. F. 2010. Geodiversidade do Estado de Minas Gerais (Org.), Belo Horizonte: CPRM. 131 p., 30 cm + 1 DVD.
- Maia, M. A. M., Marmos, J. L. (Org.). 2010. Geodiversidade do Estado do Amazonas, Manaus: CPRM, 275 p., 30 cm + 1 DVD.
- Mansur, K. L., Ponciano, L. C. M. O. P., Castro, A. R. S. F., Carvalho, I.S. 2013a. Conservação e Restauo do Patrimônio Geológico E Sua Relevância Para a Geoconservação. Boletim Paranaense de Geociências, v. 70, 137-155.
- Mansur, K. L., Rocha, A. J. D., Pedreira, A.J., Schobbenhaus, C., Salamuni. E., , F. C; Piekarz, G., Winge, M., Nascimento, M.A.L., Ribeiro, R. R. 2013b. Iniciativas Institucionais de Valorização do Patrimônio Geológico do Brasil. Boletim paranaense de geociências. v. 70. 02-27.
- Mansur, K. L. 2009. Projetos Educacionais para a Popularização das Geociências e para a Geoconservação Educational Projects for the Public Understanding of Geosciences and Geoconservation. Revista do Instituto de Geociências – Publ. espec., São Paulo, v. 5, p. 63-74.
- Mantesso-Neto, V., Mansur, K. L., Ruchkys, U., Nascimento, M. A. L. 2012. O Que Há de Geológico nos Atrativos Turísticos Convencionais no Brasil. The Geological Content of Conventional Tourist Attractions in Brazil. Anuário do Instituto de Geociências – UFRJ, v. 35-1, p.49-57.
- Mantesso-Neto, V., Ribeiro, R. R., Garcia, M. G. M., Lam, E. A., Theodorovicz, A. 2013. Patrimônio Geológico no Estado De São Paulo. Boletim Paranaense de Geociências, v.70, p. 53- 76.
- Miranda, F., Lema, H. 2013. *Panorama Actual del Patrimonio Geológico En Argentina*. Boletim Paranaense de Geociências, v.70, p.87-102.
- Marchan, C., Sánchez, A. 2013. *Consideraciones Sobre El Patrimonio Minero Desde La Perspectiva de un Servicio Geológico Nacional*. Boletim Paranaense de Geociências, v.70, p. 77-86.
- Martini, G. 2009. Geoparks... A Vision for the Future Geoparques... Uma Visão Sobre o Futuro. Revista do Instituto de Geociências – Publ. espec., São Paulo, v. 5, p. 85-90.
- Menegat, R. 2009. Geoparques como Laboratórios de Inteligência da Terra. *Transcription of the Lecture Held in July 24th 2009: Geoparks as Laboratories for Understanding Earth*. Revista do Instituto de Geociências – Publ. espec., São Paulo, v. 5, p. 91-103.
- Medeiros, C. A. F; Gomes, C. S. C. D; Nascimento, M. A. L. 2015. Gestão em Geoparques: Desafios e Realidades, Revista Brasileira de Pesquisa em Turismo. São Paulo, v-9(2), p. 342-359, maio/ago.
- Modica, R. 2009. As Redes Europeia e Global dos Geoparques (EGN e GGN): Proteção do Patrimônio Geológico, Oportunidade de Desenvolvimento Local e Colaboração entre Territórios. *European and Global Geoparks*

- Network (EGN and GGN): Protection of Geological Heritage, Opportunity of Local Development and Collaboration Among Territories*. Revista do Instituto de Geociências – Publ. espec., São Paulo, v. 5, p. 17-26.
- Moraes, J. M. (Org.) 2010. Geodiversidade do Estado do Mato Grosso, Goiânia: CPRM, 111 p., 30 cm + 1 DVD-ROM.
- Moraes, J. M. (Org.) 2014. Geodiversidade do Estado de Goiás e do Distrito Federal, Goiânia: CPRM. 131 p., 30 cm + 1 DVD-ROM.
- Nascimento, M. A. L., Ruchkys, U. A., Mantesso-Neto, V. 2008. Geodiversidade, geoconservação e geoturismo. SBG-BR, São Paulo-SP, 82 p.
- Nascimento, M. A. L., Rocha, A. J. D., Nolasco, M. C. 2013. Patrimônio Geológico e Mineiro no Nordeste do Brasil. Boletim Paranaense de Geociências, v.70, p.103-119.
- Nummer, A. R., Garcia, M. G. M., Rodela, L. G., Oliveira, J. C. L., Belcavelo, R. 2012. Potencial Geoturístico do Parque Estadual da Serra do Ibitipoca, Sudeste do Estado de Minas Gerais. *Geotouristic Potential of Ibitipoca'S Park, Southeastern of Minas Gerais State*. Anuário do Instituto de Geociências - UFRJ. v. 35 – 1, p.112-122.
- Peulvast, J.P., Bétard, F., Magalhães, A, O. 2011. Scarp morphology and identification of large-scale mass movements in tropical tablelands: the eastern Araripe Basin (Ceará, Brazil). *Géomorphologie*, v. 17 - n° 1, p. 33-52.
- Peixoto, C. A. B. (Org.) 2010. Geodiversidade do Estado de São Paulo – São Paulo: CPRM, 176 p., 30 cm + 1 DVD-ROM.
- Pfaltzgraff, P. A. S., Torres, F. S. M. (Org.). 2010. Geodiversidade do Estado do Rio Grande do Norte - Recife: CPRM, 227 p., 30 cm + 1 DVD.
- Pfaltzgraff, P. A. S., Torres, F. S. M., Brandão, R. de L. (Org.). 2010. Geodiversidade do Estado do Piauí. Recife: CPRM, 260 p., 30 cm + 1 DVD.
- Ruchkys, U. A. 2009. Geoparques e a Musealização do Território: um Estudo Sobre o Quadrilátero Ferrífero. *Geoparks and the Territory Musealization: a Study of the Quadrilátero Ferrífero*. Revista do Instituto de Geociências – Publ. espec., São Paulo, v. 5, p. 35-46.
- Ruchkys, U. A., Machado, M. M. M. 2013. Patrimônio Geológico e Mineiro do Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais – Caracterização e Iniciativas de uso para Educação E Geoturismo. Boletim Paranaense de Geociências, v. 70, p.120-136.
- Russ, B. R., Nolasco, M. C. 2012. Revelando a Geodiversidade Através da Educação Ambiental: Percepção de Estudantes Sobre o Geossítio Manga do Céu. *Revealing Geodiversity Trough Environmental Education: Perceptions of Students About the Manga do Céu Geosite*. Anuário do Instituto de Geociências – UFRJ, v. 35-1, p.271-280.
- Salamuni, E., Nascimento, E. R., Silva, P. A. H., Queiroz, G. L., Silva, G. 2013. Knickpoint Finder: Ferramenta Para a Busca de Geossítios de Relevante Interesse para o Geoturismo. Boletim Paranaense de Geociências, v.70, p. 200-208.
- Sena, I. S., Andrade, J. M., Rocha, L. C., Figueiredo, M. A. 2012. Singularidades Geológicas e Históricas como Atrativo Geoturístico da Gruta Casa da Pedra, Município de São João Del-Rei, MG. *The Geological and Historic Singularities as Geotouristic Attractive of the Casa de Pedra Cave, São João Del-Rei, MG, Brazil*. Anuário do Instituto de Geociências – UFRJ, v. 35 – 1, p.190-198.
- Serrano Cañadas, E., Ruiz Flaño, P. 2007. *Geodiversidad: concepto, evaluación y aplicación territorial: el caso de Tiermes-Caracena (Soria)*. Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles, La Rioja, n° 45, p. 79-98.
- Shimada, H. 2013. Mina do Morro do Ouro, Apiaí, SP – A Transformação em

- Parque. Boletim Paranaense de Geociências, v. 70, p.180-189.
- Silva, C.R. 2008. Geodiversidade do Brasil; conhecer o passado para entender o presente e prever o futuro. 264 p.: il. Rio de Janeiro: CPRM. ISBN: 978-85-7499-069-9
- Silva, S. F., E Machado, M. F. (Org.). 2014. Geodiversidade do Estado do Espírito Santo – Belo Horizonte, CPRM, 120 p., 30 cm + 1 DVD. ISBN: 978-85-7499-139-9.
- Stanley, M. 2001. Welcome to the 21st century. *Geodiversity Update*, v.1, p. 1-8.
- Teixeira, I. S. N., Machado, D. M. C., Castro, A. R. S. F., Farias, L. F. 2012. Uma Ferramenta para Compreender a Apropriação do Patrimônio Geológico pela Sociedade: Um Estudo Sobre o Morro do Corcovado/ Rio de Janeiro. *A Data Collection Instrument to Understand the Appropriation of Geological Heritage by Society: Study of Morro do Corcovado, Rio de Janeiro*. Anuário do Instituto de Geociências – UFRJ, v. 35-1, p.123-132.
- Theodorovicz, A. M. G., Theodorovicz, A. (Org.). 2010. Geodiversidade do Estado de Mato Grosso do Sul, São Paulo: CPRM, 179 p., 30 cm + 1 DVD-ROM.
- Torres, F. S. M., Silva, E. P (Org.). 2016. Geodiversidade do Estado da Paraíba, Recife: CPRM, 124 p., il., color., 30 cm + 1 DVD-ROM. ISBN 978-85-7499-160-3.
- Torres, F. S. M., Pfaltzgraff, P. A. S. (Org.). 2014. Geodiversidade do Estado de Pernambuco. Recife: CPRM, 282 p., 30 cm + 1 DVD-ROM. ISBN 978-85-7499-141-2
- Veiga, A. T. C. 1999. A geodiversidade e o uso dos recursos minerais da Amazônia. Terra das Águas, Brasília: NEAz/UnB, n. 1, p. 88-102.
- Viero, A. C., Silva, D. R. A. (Org.). 2010. Geodiversidade do Estado do Rio Grande do Sul, Porto Alegre: CPRM, 250 p., il., color., 30 cm + 1 DVD-ROM. ISBN: 978-85-7499-083-5.
- Viero, A. C., SILVA, D. R. A. (Org.). 2010. Geodiversidade do Estado de Santa Catarina, Porto Alegre: CPRM, 250 p., il., color., 30 cm + 1 DVD-ROM.
- Villanueva, T.C.B. (Org.). 2016. Geodiversidade do Estado de Alagoas, Salvador: CPRM, 155 p., il., color., 30 cm + 1 DVD-ROM.
- Xavier da Silva, J., Carvalho Filho, I. M., 2001. Índice de geodiversidade da restinga da Marambaia (RJ): um exemplo do geoprocessamento aplicado à geografia física. *Revista de Geografia*, Recife: DCG/UFPE, nº. 1, p. 57-64.