



UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO

CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE

DEPARTAMENTO DE BIOLOGIA

CURSO DE GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

ROBERTONIO FURTADO BRITO SEIXAS

SÍTIOS FOSSILÍFEROS DO BAIXO CURSO DO RIO ITAPECURU

(CRETÁCEO, FORMAÇÃO ITAPECURU)

São Luís, MA - 2019

ROBERTONIO FURTADO BRITO SEIXAS

SÍTIOS FOSSILÍFEROS DO BAIXO CURSO DO RIO ITAPECURU

(CRETÁCEO, FORMAÇÃO ITAPECURU)

Monografia apresentada ao curso de Ciências Biológicas da Universidade Federal do Maranhão, como requisito para obtenção dos graus de Licenciatura e Bacharelado em Ciências Biológicas.

Orientador: Prof. Dr. Manuel Alfredo Medeiros

São Luís, MA - 2019

ROBERTONIO FURTADO BRITO SEIXAS

SÍTIOS FOSSILÍFEROS DO BAIXO CURSO DO RIO ITAPECURU

(CRETÁCIO, FORMAÇÃO ITAPECURU)

Monografia apresentada ao curso de Ciências Biológicas da
Universidade Federal do Maranhão, como requisito para obtenção
dos graus de Licenciatura e Bacharelado em Ciências Biológicas.

Aprovado em ___ / ___ / _____

Banca Examinadora

Prof. Dr. Manuel Alfredo Medeiros (Orientador)
Universidade Federal do Maranhão

Prof. Dr. Rafael Matos Lindoso (1º Avaliador)
Instituto Federal do Maranhão

Prof. Dr^a. Silvia Helena de Souza Arcanjo (2ª Avaliadora)
Universidade Federal do Maranhão

Prof. M. Sc. Eliane Pinheiro de Sousa (Suplente)
Universidade Estadual do Maranhão

AGRADECIMENTOS

Sou profundamente grato a Deus por esta conquista. O reconheço como único Deus e Senhor e sei que seu amor e glória se evidenciam por meio das coisas que foram criadas. Agradeço a Ele por me proporcionar esta realização, pelos momentos difíceis e excelentes que tive durante a graduação.

A meus Pais e irmão pelo apoio incondicional. Por sempre incentivar e nunca desacreditar. Amo vocês de todo coração e dedico a vocês esta conquista, em especial à minha Mãe, por ser meu maior exemplo de esforço e dedicação aos estudos e minha inspiração. Te amo.

A Taciane Costa Madeira Silva. Meu bem. Te agradeço por sempre estar comigo. Te amo.

Ao Professor Manuel Alfredo Medeiros. Não tenho palavras para agradecer toda atenção e compreensão da sua parte. Muito obrigado.

A minha querida turma, 2009.2. Amo vocês. São a melhor turma que eu poderia ter.

A todo corpo administrativo das Ciências biológicas, em especial à Dona Linair pela paciência infinita. Muito obrigado.

A todos que participaram direta e indiretamente desta conquista.

Índice de Ilustrações

- Figura 1.** Mapa de localização da Bacia de São Luis-Grajaú na região meio-norte do Brasil.
Fonte: Modificado de Rossetti (2001)4
- Figura 2.** Localização do afloramento Formosa, Município de Coroatá – MA, onde foi executado trabalho de campo.....8
- Figura 3.** Localização da ravina Boca de Forno no município de Conceição, Coroatá-MA. Foto realizada pelo pesquisador Sandro Miranda.....13
- Figura 4.** Dente parcialmente erupcionado, ainda na cavidade alveolar pertencente à Família Spinosauridae (Stromer, 1915) proveniente do afloramento Formosa, Coroatá, MA.....14
- Figura 5.** Escama de Semionotiforme encontrada no afloramento Formosa, Coroatá, MA.....16
- Figura 6.** Morfotipo 1. Placa dentaria completa de Dipnoico encontrada no afloramento Formosa, Coroatá, MA.....18

SUMÁRIO

1.INTRODUÇÃO	3
2.MATERIAL E MÉTODO	8
2.1 MATERIAL	8
2.2. MÉTODO	9
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	10
3.1 ETAPAS DE CAMPO	10
3.1.1 AFLORAMENTO FORMOSA	11
3.1.2 AFLORAMENTO BOCA DO FORNO	12
4. SISTEMÁTICA PALEONTOLÓGICA	14
4.1 Spinosaurinae Stromer, 1915	14
4.1.1 Semionotiformes Arambourg & Bertini, 195	16
4.1.2 Dipnoi Müller, 1845	18
5. CONCLUSÃO	20
Agradecimentos	22
Referências	23
Anexos	28

FOSSILÍFEROUS SITES OF THE LOWER COURSE OF THE ITAPECURU RIVER (CRETACEOUS, ITAPECURU FORMATION)

ROBERTONIO FURTADO BRITO SEIXAS

Departamento de Biologia, Universidade Federal do Maranhão, Campus Bacanga, 65080-040, São Luís, MA,
Brasil. robertoniobrito@hotmail.com

MANUEL ALFREDO MEDEIROS

Departamento de Biologia, Universidade Federal do Maranhão, Campus Bacanga, 65080-040, São Luís, MA,
Brasil. alf@ufma.br

ABSTRACT - Cretaceous rocks crops out along a vast area in the northern portion of the Parnaíba Basin (also called Pará-Maranhão), mainly along the Itapecuru river valley, northern Maranhão State, Northeastern Brazil. The river and its tributaries erode the ancient rocks of the Itapecuru Formation (Aptian-Albian) exposing sedimentary successions and fossiliferous sites in some areas. The Formosa fossiliferous site was discovered in 2016. It exposed a set of bones and teeth of a theropod dinosaur associated with scales and tooth plates of fishes. A team of paleontologists and students underwent a fieldwork at november of that same year, excavating a small area on the right riverbank where the set of fossils were concentrated. Remains of three groups of vertebrates were exhumed: bones and teeth of a dinosaur with a very characteristic tooth pattern – long and pointed with longitudinal flutes along the enamel of the crown. Small rhombous ganoid fish scales were located amongst the bones. Some bucal fish elements were also found: crested tooth plates with progressively more acute angles between them from the anterior to the posterior margin. These fossil specimens, although disarticulated, exhibit diagnostic features which allow the identification of a Spinosauridae theropod dinosaur, a semionotiform fish and ceratodontiform dipnoi. The stratum where they were concentrated seems to be laid down on the bottom of a lake located on the flood plain which deposited most of the Itapecuru strata.

Keywords: Palavras-chave: Itapecuru Formation, Cretaceous, Spinosauridae, Semionotiformes, Ceratodontiformes

SÍTIOS FOSSILÍFEROS DO BAIXO CURSO DO RIO ITAPECURU (CRETÁCEO, FORMAÇÃO ITAPECURU)

ROBERTONIO FURTADO BRITO SEIXAS

Departamento de Biologia, Universidade Federal do Maranhão, Campus Bacanga, 65080-040, São Luís, MA,
Brasil. robertoniobrito@hotmail.com

MANUEL ALFREDO MEDEIROS

Departamento de Biologia, Universidade Federal do Maranhão, Campus Bacanga, 65080-040, São Luís, MA,
Brasil. alf@ufma.br

RESUMO: Rochas cretáceas afloram ao longo de uma vasta área na porção norte da Bacia do Parnaíba (também chamada de Pará - Maranhão), principalmente ao longo do vale do rio Itapecuru, norte do Estado do Maranhão, Nordeste do Brasil. O rio e seus afluentes erodem as rochas antigas da Formação Itapecuru (Aptiano-Albiano), expondo sucessões sedimentares e sítios fossilíferos em algumas áreas. O sítio fossilífero de Formosa foi descoberto em 2016. Ele expôs um conjunto de ossos e dentes de um dinossauro terópode associado a escamas e placas dentárias de peixes. Uma equipe de paleontólogos e estudantes realizou um trabalho de campo no início do mesmo ano, escavando uma pequena área na margem direita do rio, onde o conjunto de fósseis estava concentrado. Restos de três grupos de vertebrados foram exumados: ossos e dentes de um dinossauro com um padrão dentário muito característico - longo e pontudo com sub-facetas longitudinais no esmalte da coroa. Pequenas escamas de peixes ganóides e sub-losangulares estavam localizados junto aos ossos. Alguns elementos bucais de peixes também foram encontrados: placas dentárias com cristas, progressivamente mais angulosas entre si, da margem anterior para a posterior. Estes espécimes, embora desarticulados, exibem características diagnósticas que permitem a identificação do dinossauro terópode como pertencente a Spinosauridae. Entre os peixes, um semionotiforme e Dipnoi ceratodontiformes. O estrato onde eles estavam concentrados parece ter se formado no fundo de um lago localizado na planície de inundação onde se depositou a maior parte das camadas Itapecuru.

Palavras-chave: Formação Itapecuru, Cretáceo, Spinosauridae, Semionotiformes, Ceratodontiformes

1. INTRODUÇÃO

Na passagem do último século, os depósitos sedimentares do norte do Maranhão passaram por uma revisão sob a ótica da Estratigrafia de Sequência, que incluiu também questões referentes à gênese e aspectos estruturais das bacias sedimentares ali presentes (ver Rossetti et al., 2001). Como resultado desta reavaliação, foi definida a Bacia de São Luís-Grajaú, (Figura 1) situada na região centro-norte do estado do Maranhão, cobrindo uma área de cerca de 250.000 Km² e inclui as sucessões cretáceas relacionadas à subsidência decorrentes da separação entre América do Sul e África. Este conjunto mesozoico está inserido no Grupo Itapecuru, que é dividido em Unidade Indiferenciada e formações Alcântara e Cujupe (Rossetti & Truckenbrodt; 1997; Góes & Rossetti, 2001). Entretanto, tradicionalmente, esta área tem sido considerada separadamente como o norte da Bacia do Parnaíba e a Bacia costeira de São Luís (Figura 1). Além disso, a maior parte do que é chamado de Unidade Indiferenciada é considerado como Formação Itapecuru (Campbell, 1949; Pedrão et al, 1993a, b; Pessoa & Borghi, 2005; Gonçalves & Carvalho, 1996; Vicalvi & Carvalho, 2002; Carvalho et al., 2003).

A gênese e parte da evolução destas depressões sedimentares estão ligadas à formação da margem continental leste do Brasil. Com a abertura do Atlântico Sul e o subsequente deslocamento do continente para oeste, foram diferenciadas pequenas bacias em grabens nas zonas do embasamento (Szatmari et al., 1987). Por subsidência, os grabens foram sendo preenchidos ao longo das faixas tectonicamente instáveis a partir do Neoptiano. As sucessões sedimentares carbonáticas da Formação Codó (Aptiano), na borda leste da bacia de São Luís-Grajaú, são representativas do estágio *pré-rift* desta bacia. O grupo Itapecuru, por sua vez, que compreende depósitos Albianos e Albo-cenomanianos na porção

médio-inferior, são representativos dos estágios *rift/drift* (Szatmari et al., 1987; Góes & Rossetti, 2001; Miranda & Rossetti, 2006; Caputo & Lima, 1984).

O Processo de afastamento dos blocos sul-americano e africano iniciou-se primeiramente na porção oriental, ao longo do Neocomiano, expandindo-se de sul para norte. O nordeste do Brasil teria sido o último elo entre os dois continentes, permitindo o fluxo faunístico entre eles até o Albiano tardio, onde teriam se separado em definitivo, estabelecendo circulação entre águas marinhas entre as margens equatorial e leste, com migração das faunas de invertebrados a partir do hemisfério norte (Larson & Ladd, 1973).

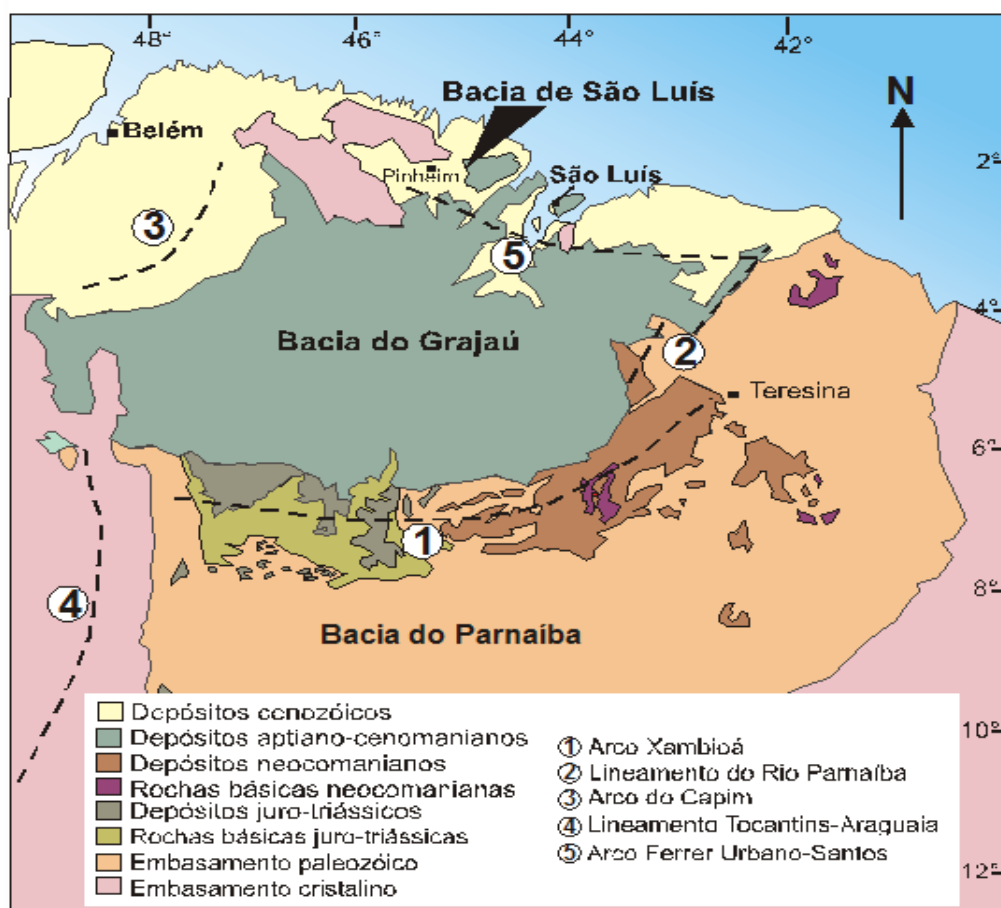


Figura 1. Mapa de localização da Bacia de São Luis-Grajaú na região meio-norte do Brasil.

Fonte: Modificado de Rossetti (2001).

Foi neste contexto, com o norte da Bacia do Parnaíba em franco processo de subsidência ao longo do Meso e Neoalbiano, que um paleorio de características anastomosais, retilíneas e meandrantas, que fluía no sentido sudeste- noroeste, transportava seus sedimentos oriundos do cráton de São Luís, dos cinturões neoproterozóicos do Araguaia e Gurupi, bem como da parte mais sul da Bacia do Parnaíba, depositando-os ao longo de seu curso nas planícies de inundação, bem como nos sistemas lacustres associados, constituindo o que chamamos hoje de Formação Itapecuru (Gonçalves & Carvalho, 1996; Pessoa & Borghi, 2005; Mendes & Truckenbrodt, 2009) .

A Formação Itapecuru (ou Unidade Indiferenciada *sensu* Rossetti & Truckenbrodt, 1997) aflora em ampla área do interior do estado do Maranhão, particularmente ao longo do vale do rio Itapecuru. O primeiro registro sobre esta sucessão sedimentar é de Lisboa (1914), que a denominou de “Camadas Itapecuru”. Todavia, o primeiro pesquisador a formalizar a Formação Itapecuru foi Campbell (1949). Inicialmente chamou-a de Formação Serra Negra e só um ano depois utilizou o termo Itapecuru. Um conjunto predominantemente clástico destacadamente arenoso, de coloração cinza esverdeada a vermelho acastanhada, mas subordinadamente com folhelhos cinza esverdeados, marrons ou vermelhos. Primeiramente foi considerada de idade Cretácea com base em fósseis estudados por Price (*apud* Luz, 1959). Estudos palinológicos, através de amostras procedentes da região de Itapecuru-Mirim, forneceram idade Aptiana-Albiana (Pedrão et al., 1993a). As rochas cretáceas que compõem esta unidade litoestratigráfica afloram pela erosão do rio Itapecuru e de seus tributários ao longo de mais de 200km no sentido sudeste - noroeste, no Estado do Maranhão (ver sumarização em Medeiros et al., 2014).

Klein & Ferreira (1979) consideraram as camadas cretáceas de Alcântara como Formação Itapecuru, e, com base nos fósseis encontrados, principalmente invertebrados, interpretaram o sistema deposicional como um ambiente estuarino para estes estratos

aflorantes na baía de São Marcos. Posteriormente, Rodrigues et al (1990, 1994) mapearam estes depósitos na região litorânea e interpretaram os mesmos como Membro Alcântara da Formação Itapecuru. Posteriormente, Rosseti & Truckenbrodt (1999, 2001) assumiram o termo Formação Alcântara para as camadas cretáceas litorâneas com base em características litológicas e estratigráficas distintas dos sedimentos Itapecuru subjacentes que afloram no vale do rio Itapecuru. A Formação Itapecuru está, portanto, sotoposta à Formação Alcântara. O conjunto cobre um intervalo que vai do final do Aptiano ao início do Cenomaniano (Klein & Ferreira, 1979; Pedrão et al., 1993 a, b, c; Vicalvi & Carvalho, 2002; Carvalho et al., 2003).

O pacote sedimentar da Formação Itapecuru evidencia ambientes deposicionais fluvial, flúvio-deltaico e lagunar. São predominantemente clásticos: arenitos intercalados a lamitos, com eventuais níveis de calcário e de conglomerados, com estruturas sedimentares próprias de canais, lagos e planícies fluviais. Análises faciológicas obtidas por meio de testemunhos de sondagem realizados em pacotes sedimentares ao longo do médio e baixo curso do rio Itapecuru indicaram a presença de elementos arquiteturais típicos de sistema deposicional flúvio-lacustre em planície de canal meandrante (Gonçalves & Carvalho, 1996; Petri, 1977; Carvalho et al., 2003; Pessoa & Borghi, 2005).

O clima da região é inferido como semi-árido a árido (Petri, 1977; Lima et al., 1979; Pedrão et al., 1993a, b; Ferreira et al., 2013). O registro de grandes peixes como *Mawsonia gigas* (Carvalho, 2002), que podia alcançar mais de quatro metros de comprimento (Medeiros et al; 2011) e grandes dinossauros, como *Spinosaurus*, terópode piscívoro, além de crocodilos (Medeiros et al., 2014), evidencia que um rio caudaloso fluía na região, no final do Aptiano e maior parte do Albiano. A presença de peixes pulmonados como *Ceratodus brasiliensis* e *Asiatoceratodus* sp.(= *Arganodus* sp.) indica ocorrência sazonal de

secas, visto que estes animais tinham adaptações para resistir a longos períodos de estiagem (Castro et al., 2004; Dutra & Malabarba, 2001).

Também há ocorrência do notosuquídeo *Candidodon itapecuruense*, do quelônio *Araripemys barretoii* e dos dinossauros terópodes *Carcharodontosaurus* sp., com registro de material relacionado aos grupos Titanosauria e Diplodocoidea, incluindo a espécie *Amazonsaurus maranhensis* (Carvalho et al., 2003; Castro et al., 2007; Medeiros et al., 2014). Entre os invertebrados, encontram-se moluscos bivalves e conchostráceos (Gonçalves & Carvalho, 1996).

O presente trabalho tem como objetivo principal enfatizar a ocorrência de fósseis, particularmente de vertebrados, em vários pontos do baixo curso do rio Itapecuru, citando ocorrências recém levantadas, e registrar o trabalho de coleta em um deles, o afloramento Formosa, na região de Coroatá, norte do Maranhão. Também objetiva enfatizar aspectos tafonômicos preliminares do sítio explorado e listar os grupos coletados ao longo de uma semana de trabalho de campo, em novembro de 2016.

2. MATERIAL E MÉTODO

2.1 Material

Espécimes incompletos e desarticulados de peixes e de um dinossauro foram coletados em novembro de 2016, na margem direita do rio Itapecuru ($3^{\circ}54'51.51''\text{S}$ $44^{\circ}09'14.95''\text{O}$) (Figura 2), em um afloramento conhecido como Formosa (Figura 3), próximo ao povoado Conceição, na cidade de Coroatá – MA, Nordeste do Brasil.

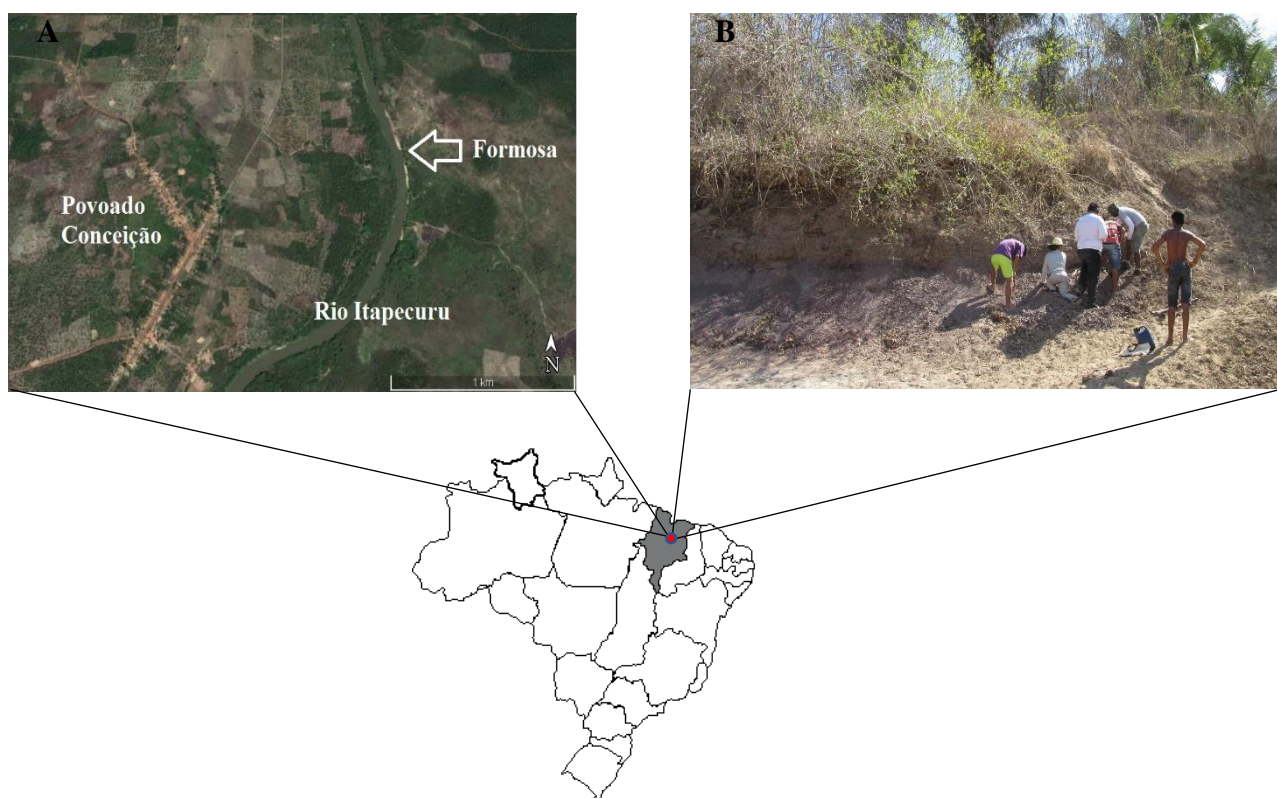


Figura 2. A: Localização do afloramento Formosa, no povoado de Conceição, município de Coroatá – MA, onde foi executado trabalho de campo; B: Detalhe dos trabalhos preliminares de prospecção no afloramento Formosa, Município de Coroatá – MA. Foto: José Maria Maia Filho.

Os materiais utilizados na coleta foram: pás, picaretas, martelos, cinzéis, talhadeiras, espátulas, pincéis, cola de silicone e de secagem instantânea, sacos plásticos, papel alumínio e fita adesiva. Uma máquina fotográfica foi utilizada para documentação das atividades.

2.2 Métodos

Os procedimentos de coleta seguiram protocolos tradicionais de escavação, delimitando uma área e avançando progressivamente, utilizando ferramentas de coleta. Cada exemplar encontrado era exumado cuidadosamente, limpo e embalado. Um esquema de distribuição espacial dos espécimes foi traçado para posterior análise tafonômica.

Após a coleta, o material foi levado para o laboratório de Paleontologia do Centro de Pesquisa de História Natural e Arqueologia do Maranhão onde passou por nova sessão de limpeza com a utilização de pincéis e pequenas espátulas para ser finalmente preparado e estocado em caixas forradas com gesso, devidamente identificadas para compor a coleção de fósseis da Universidade Federal do Maranhão. Imagens da região foram obtidas do Google Earth para ilustrar, com fotos de satélite, o local de coleta.

O material foi analisado e posteriormente fotografado com câmera digital Canon DSLR T100 18MP semiprofissional. Materiais pequenos foram fotografados em estereomicroscópio Leica EZ4, com câmera HD acoplada, para melhor visualização das microestruturas que pudessem ser taxonomicamente diagnósticas. Para a interpretação de modelos deposicionais nas sucessões estratigráficas do afloramento Formosa, foram utilizados os critérios de Miall (1996).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Etapas de campo

Em 2016, moradores locais do povoado de Conceição, pertencente ao Município de Coroatá – MA, relataram o aparecimento de fósseis às margens do rio Itapecuru, em duas localidades: “Formosa” e “Boca do Forno”. Em visita prévia à localidade, o Prof. Manuel Alfredo Medeiros e equipe analisaram os espécimes que estavam em posse de um morador local, constatando que se tratava de um *centrum* vertebral caudal de dinossauro, além de alguns fragmentos ósseos não identificados. Os afloramentos indicados pelos moradores foram visitados e georreferenciados.

Os trabalhos prospectivos nos afloramentos Formosa e Boca do Forno ocorreram entre os dias 07 e 28 de novembro de 2016, contando com três equipes de pesquisadores sob orientação do Prof. Manuel Alfredo Medeiros. Cada equipe permaneceu pelo menos seis dias em atividade de escavação. A primeira equipe, sob responsabilidade da pesquisadora Agostinha Ferreira (CPHNAMA), realizou prospecções nas duas localidades, objetivando verificar a sua potencialidade fossilífera, constatando a presença de fósseis nos dois afloramentos analisados. A segunda equipe, coordenada pelo Prof. Manuel Alfredo Medeiros (UFMA), concentrou-se no afloramento Formosa, realizando a escavação que será descrita neste trabalho; A terceira, sob direção do Prof. Rafael Matos Lindoso (IFMA), concentrou-se no afloramento Boca do Forno, escavando níveis fossilíferos com vertebrados, bivalves e restos vegetais.

3.1.1 Afloramento Formosa

Alguns moradores locais foram contratados para auxiliar nos trabalhos de escavação e logística. A equipe ficou acampada em uma área cercada pertencente a uma moradora local (Anexo I).

Na rotina de trabalho, os preparativos iniciavam às 7:30h da manhã. O deslocamento ao sítio de trabalho incluía a travessia da equipe por barco artesanal rústico a remo, conduzido por um morador local (Anexo II).

Os trabalhos de prospecção revelaram uma concentração de fósseis em um nível de siltito vermelho rosado, sobreposto a uma camada cinza esbranquiçada que também possuía fósseis em menor quantidade. Ossos pertencentes a Crocódilomorfos, Spinosauridae e Sauropoda foram coletados no nível vermelho (Anexo III).

Foi delimitada uma área de aproximadamente 3m² onde a equipe avançou a escavação ordenadamente no sentido distal em relação à margem direita do rio. Centenas de quilos de sedimento foram removidos para que se alcançasse os espécimes (Anexo IV). Os anexos V, VI e VII mostram elementos ósseos retirados do sítio fossilífero.

À medida que a escavação prosseguia, registrava-se a localização dos diferentes ossos e outros elementos coletados. Esses registros produziram um esquema tafonômico em planta, mostrando como os fósseis estavam distribuídos *in loco* (Anexo VIII).

O conjunto de ossos que compõem a maioria dos fósseis coletados no afloramento Formosa são atribuídos a Spinosaurinae e reúnem partes do esqueleto axial, membros, gastrália e crânio, incluindo dentes. Os dentes (Figura 4) são alongados e pontiagudos com sub-facetos longitudinais ao longo da coroa. Também foram encontrados elementos ósseos atribuídos a Crocódilomorfos e um *centrum* vertebral atribuído a Sauropoda.

Juntamente a esse conjunto, foram exumadas algumas pequenas escamas de ganoína, de formato sub-losangular (Figura 5). Foram encontradas também placas dentárias milimétricas a centimétricas de peixes, com um padrão de cristas dispostas em ângulo progressivamente mais fechados no sentido antero-posterior (Figura 6).

O Afloramento estudado apresenta uma sucessão sedimentar constituída por litofácies pelíticas: argilíto maciço com espessura máxima de 1m, coloração avermelhada, gradando para siltito maciço e friável de coloração cinza esbranquiçada; argilitos finamente laminados, friáveis, com laminação horizontal planar; folhelho cinza esverdeado de espessura máxima de 1.40 m com laminação horizontal planar. O nível de siltito vermelho rosado é o mais rico em material fossilífero de vertebrados, também presente em menor quantidade no nível de siltito cinza esbranquiçado imediatamente abaixo. A sequência sedimentar acima descrita está ilustrada no anexo IX.

3.1.2 Afloramento Boca do Forno

O Sítio fossilífero conhecido localmente como igarapé Boca do Forno é uma ravina de um canal tributário do rio Itapecuru, em Coroatá, norte do estado do Maranhão, nordeste do Brasil. Localiza-se na borda norte da Bacia do Parnaíba, ou Bacia de São Luís-Grajaú (*sensu* Góes & Rosseti, 1999). Assim como a grande maioria dos afloramentos fossilíferos presentes no baixo curso do rio Itapecuru, o afloramento Boca do Forno foi exposto pela erosão deste rio revelando uma grande extensão de rochas do Cretáceo, onde fósseis de plantas, vertebrados e invertebrados, como Bivalves e Gastrópodes, foram descobertos.



Figura 3. Localização da ravina Boca de Forno, próximo ao povoado Conceição, Coroatá-MA. Foto: Sandro Miranda.

O afloramento Boca do Forno apresenta uma sucessão sedimentar constituída predominantemente por litofácies pelíticas: um nível basal conglomerático, seguido por argilíto maciço com espessura máxima de 2.5 m, coloração avermelhada, gradando para siltíto amarelado maciço e friável com espessura máxima de 1.5 m. O nível vermelho é rico em material fossilífero de vertebrados, restos vegetais e invertebrados, também presente em menor quantidade no nível de siltito; argilíto maciço com espessura máxima de 1 m. A sequência sedimentar acima descrita está ilustrada no anexo X.

4. Sistemática Paleontológica

4.1. Spinosaurinae Stromer, 1915

DINOSAURIA Owen, 1842

SAURISCHIA Seeley, 1887

THEROPODA Marsh, 1881

SPINOSAURIDAE Stromer, 1915

SPINOSAURINAE Stromer, 1915

Descrição.

Dente parcialmente erupcionado (Figura 4), ainda na cavidade alveolar. Pontiagudo, com estrias longitudinais sutis e carena não serrilhada que divide a coroa em duas fácies longitudinalmente subfacetadas.

Discussão. A ausência de carenas serrilhadas é diagnóstica para a subfamília Spinosaurinae. Difere da dentição do grupo irmão Baryonychinae, que apresenta carenas finamente serrilhadas ao longo da borda posterior, com dentes alongados e em formato cônico, com numerosas e estreitas estrias longitudinais, além de serem mais estreitos mediolateralmente. Teriam se diversificado no continente africano e representantes de Spinosaurinae teriam chegado à América do Sul no Cretáceo inferior (ver Stromer, 1915; Buffetaut & Ouaja, 2002)



Figura 4: Dente parcialmente erupcionado, ainda na cavidade alveolar pertencente à subfamília Spinosaurinae, proveniente do afloramento Formosa, Coroatá, MA.

Nas rochas cretáceas do nordeste brasileiro, ocorrências de espinosaurídeos já foram descritas, como é o caso de *Angaturama limai* (Kellner & Campos, 1996) e *Irritator Challengeri* (Martill et al, 1996) provenientes do membro Romualdo, Formação Santana, Bacia do Araripe. Na Bacia de São Luis, horizontes aflorantes da Formação Alcântara, Cretáceo Superior (Cenomaniano), também revelaram um táxon de espinosaurídeo, *Oxalaia quilombensis*, descrito com base em um fragmento de maxila coletados no sítio fossilífero Laje do Coringa, Ilha do Cajual, MA. Representa a primeira espécie de dinossauro formalmente descrita a partir de depósitos do Cenomaniano (Kellner et al, 2011).

4.1.1 Semionotiformes Arambourg & Bertini, 1958

OSTEICHTHYES Huxley, 1880

ACTINOPTERYGII Cope, 1887

NEOPTERYGII Regan, 1923

SEMIONOTIFORMES Arambourg & Bertini, 1958



Figura 5. Escama de Semionotiforme encontrada no afloramento Formosa, Coroatá, MA.

Descrição. Duas escamas inteiras e uma fragmentada. Escamas losangulares, lisas, variando de 0,78 a 0,95 cm. A superfície é coberta por ganoína lisa e contínua (Figura 5); não apresentam bordas denteadas em nenhuma de suas faces.

Discussão. A importância taxonômica das escamas na classificação dos semionotídeos foi proposta pela primeira vez por Agassiz (1833-1844). Desde então, vários autores têm se ocupado com seu estudo, que abrange desde as características morfológicas externas, como forma e tamanho, presença ou ausência de ornamentação, a características

histológicas e ultra-estruturais, como análises dos padrões de distribuição dos canalículos de Williamson, densidades de osteócitos e dimensionamento dos tubérculos externos na camada de ganoína (Garcia, 1991).

As características morfológicas externas identificadas nas escamas de semionotídeos procedentes do afloramento Formosa possuem grande semelhança com as escamas da região posterior de *Araripelepidotes temnurus* (Agassiz, 1841). Este gênero foi proposto por Silvia Santos (1991) após reestudar a espécie *Lepidotes temnurus*, tendo, como base algumas características morfo-anatômicas do esqueleto cefálico.

As escamas do *Araripelepidotes* caracterizam-se por serem pequenas e delgadas, possuírem uma zona de imbricação curta e por apresentarem a superfície externa coberta por uma camada uniforme de ganoína, completamente lisa, ou seja, livre de ornamentação. As escamas das regiões posterior e caudal apresentam forma tipicamente romboide (ver Thies, 1996).

Os Semionotídeos brasileiros estão representados pelas espécies *Lepidotes piauhyenses*, *L. roxoi*, *L. sousai*, *L. llewellyni*, *L. mawsoni*, *L. oliverai*, *L. dixseptiensis*, *L. iguatuensis*, *Lepidotes sp.* e *Araripelepidotes temnurus*, sendo todos encontrados nas bacias sedimentares do Nordeste, desde o Neojurássico ao Neocretáceo. No Cretáceo, a ocorrência dos semionotídeos é escassa. Dão-se preferencialmente em rochas de origem flúvio-lacustre na África (Marrocos, Tunísia, Egito, Gabão, Congo, República dos Camarões) e nas rochas cretáceas do nordeste brasileiro, sendo, portanto, correlacionáveis. Sua distribuição representa uma herança dos processos migratórios do grupo no Gondwana (Garcia, 1991).

Atribuímos as escamas encontradas nos estratos sílticos do afloramento Formosa a Semionotiformes indeterminados com base nas características morfológicas externas e descrições anteriores de ocorrências do grupo no Cretáceo das bacias maranhenses.

4.1.2 Dipnoi Müller, 1845

DIPNOI Müller, 1845

CERATODONTIFORMES Berg 1940

Descrição: Quatro placas dentárias em forma de triângulo retângulo, cerca de 1 cm de comprimento e sete cúspides bem desenvolvidas. A primeira cúspide apresenta-se levemente curvada e as demais, retilíneas, inclinadas em direção ao bordo lingual. O sulco entre as cristas é profundo e se inicia na extremidade do bordo lingual. Tais características são típicas de peixes pulmonados Ceratodontiformes Berg, 1940. Três placas encontram-se com sua primeira crista quebrada. Uma placa dentaria superior esquerda apresenta-se em melhor estado de conservação, estando quase completa, sendo aqui considerada morfótipo 1 para dipnoicos (Figura 6).



Figura 6. Placa dentaria de dipnoico encontrada no afloramento Formosa, Coroatá, MA.

Discussão: Os dipnoicos, etimologicamente das raízes gregas di = dupla e pneo = respiração, são peixes com respirações aérea e aquática. Para isto utilizam-se de pulmões e brânquias, são um grupo bastante estudado e considerado cosmopolita, com registros fósseis tanto na Laurásia como no Gondwana. Seu registro ocorre especialmente através de placas dentárias isoladas, constituídas de um agregado de flúor e hidroxiapatita, que compõem um tecido hipermineralizado, denominado de petrodentina, com dureza semelhante à do esmalte. Esta dureza pode ser o maior responsável pela preservação destas placas dentárias no registro fossilífero (Lison 1941).

No cretáceo da Bacia de São Luis-Grajaú, os dipnoicos estão bem representados nos estratos cenomanianos da Formação Alcântara, bem como nos depósitos fluvio-lacustres da Formação Itapecuru. As placas dentárias isoladas da região de Alcântara foram atribuídas a *Ceratodus africanus*, *Asiatoceratodus tiguidiensis* (= *Arganodus tiguidiensis*), *Protopterus humei*, *Equinoxiodus alcantarensis*, *E. schultzei*, e algumas formas ainda por serem melhor identificadas (Medeiros & Schultz, 2002; Castro et al., 2004; Medeiros et al., 2014; Toledo et al., 2011; Sousa et al., 2015). A presença de dipnoicos nos depósitos cretáceos do Maranhão indica ocorrência frequente de secas nos ambientes em que viviam, visto que estes animais tinham adaptação para resistir a longos períodos de estiagem (Medeiros et al., 2014; Sousa et al., 2015).

5. CONCLUSÃO

Os dentes alongados e subfacetados são conhecidos de outros sítios fossilíferos do rio Itapecuru (Medeiros et al. 2014) e indicam que a maioria dos ossos coletados no afloramento Formosa é de um dinossauro terópode da família Spinosauridae, subfamília Spinosaurinae Stromer, 1915.

As escamas de ganoína também têm registro prévio no Cretáceo do Maranhão (Medeiros et al., 2014), sendo atribuídas a peixes Semionotiformes.

As placas dentárias com cristas são típicas de peixes pulmonados (grupo Dipnoi), um dos grupos mais bem registrados no Cenomaniano da região de Alcântara (Toledo et al, 2011; Medeiro et al., 2014; Sousa et al., 2015), mas com ocorrências nos níveis do Eocretáceo do vale do Itapecuru (Dutra & Malabarba, 2001).

O padrão deposicional observado no Afloramento Formosa parece representar ambiente lacustre (Silvia Helena Arcanjo – ICMAR/UFMA, comunicação pessoal). Essa interpretação é coerente com o contexto geológico já descrito para a Formação Itapecuru, de fácies indicativas de um sistema fluvio-lacustre (Petri, 1977; Pessoa e Borghi, 2005; Gonçalves & Carvalho, 1996).

O baixo curso do rio Itapecuru possui vários pontos de concentração de fósseis nos depósitos da Formação Itapecuru. Destacam-se os afloramentos Boca de Forno e Formosa, além de vários pontos de ocorrência desde Coroatá até Rosário (Manuel Alfredo Medeiros - UFMA, comunicação pessoal). O afloramento Formosa, na região de Coroatá, exhibe um conjunto de fácies típicas da Formação Itapecuru, com uma concentração de fósseis

assentados em horizontes possivelmente depositados em ambiente de lago, no domínio de uma planície de inundação.

As ocorrências de um dinossauro Spinosauridae, de peixes Semionotiformes e dipnoicos Ceratodontiformes consolidam a presença destes grupos no meso-Cretáceo (final do Aptiano-Albiano) do Maranhão, em ambientes continentais sob um regime climático marcadamente sazonal (ver Medeiros et al., 2014). O estudo mais detalhado destes exemplares coletados certamente trará mais luz sobre a inter-relação faunística e ambiental registrada na Formação Itapecuru.

AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador Manuel Alfredo pelo auxílio bibliográfico, correções e revisões da monografia.

Ao Centro de Pesquisa de História Natural e Arqueologia do Maranhão, incluindo o corpo administrativo, pela oportunidade que me foi dada para o desenvolvimento de pesquisas em Paleontologia.

À Universidade Federal do Maranhão-UFMA: professores, funcionários e colegas de curso, por tudo que me foi disponibilizado para que eu pudesse obter o título de Graduação.

REFERÊNCIAS

- Agassiz, L. (1833-1834) Recherches sur les poissons fossils. Neuchatel, Ed. Petitpierre, t. 1-5, 1420p.
- Agassiz, L. (1841) On the fossil fishes found by Mr. Gardner in the Province of Ceará, in the north of Brazil. *Edinburgh of New Philosophical Journal*, v. 30, p. 82-84.
- Berg, L.S. Classification of fishes, both recente and fossil. *Trudy Zool. Onst. LeningrI.*, *Leningrado*, v. 5, 517p, 1940.
- Buffetaut, E. & Ouaja, M. 2002. A new specimen of Spinosaurus (Dinosauria, Theropoda) from the Lower Cretaceous of Tunisia, with remarks on the evolutionary history of the Spinosauridae. *Bulletin de la Société Géologique de France*, 173 (5): 415-421.
- Campbell, D.F.; Almeida, L. A de; Silva, S. de O. – 1949 – Relatório preliminar sobre a geologia da bacia do Maranhão. Bol. Cons. Nac. Petr., 1. Rio de Janeiro, 60 p.
- Caputo, M.V.; Lima, E.C. 1984. Estratigrafia, idade e correlação do grupo Serra Grande, Bacia do Parnaíba. In: Congresso Brasileiro De Geologia, 33, 1984, Rio de Janeiro, *Anais...*, Rio de Janeiro: SBG, 1984, v. 2, p. 740-753.
- Carvalho M.S.S. 2002. O gênero Mawsonia (Sarcopterygii, Actinistia) no Cretáceo das bacias Sanfranciscana, Tucano, Araripe, Parnaíba e São Luís. Tese de Doutorado, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 177 p.
- Carvalho, I.S.; Avilla, L. dos S.; Salgado, L. 2003. *Amazonsaurus maranhensis* gen. et sp. nov. (Sauropoda, Diplodocoidea) from the Lower Cretaceous (Aptian–Albian) of Brazil. *Cretaceous Research* 24 (2003) 697–713.
- Castro D.F., Toledo, C.E.V., Sousa E.P., Medeiros M.A. 2004. Novas ocorrências de *Asiatoceratodus* (Osteichthyes, Dipnoiformes) na Formação Alcântara, Eocenomiano da Bacia de São Luís, MA, Brasil. *Revista Brasileira de Paleontologia*, 7: 245–248.
- Castro, D.F.; Bertini, R.J.; Santucci, R.M.; Medeiros, M.A. 2007. Sauropods of the Itapecuru group (Lower/middle albian), São Luís-Grajaú basin, Maranhão state, Brazil. *Rev. bras. paleontol.* 10(3):195-200.

- Dutra M.F.A., Malabarba M.C.S.L. 2001. Peixes do Albiano-Cenomaniano do Grupo Itapecuru no Estado do Maranhão, Brasil. In: Rossetti D.F., Góes A.M., Truckenbrodt W. (eds.) O Cretáceo na Bacia de São Luís e Grajaú. Coleção Friedrich Katzer, Belém, Museu Paraense Emílio Goeldi, p. 191-208.
- Ferreira, N.N.; Pedrão, E.; Carvalho, I.S.; 2013. Registro de Cutículas com Estômatos em Associação Palinológica da Formação Itapecuru (Albiano), Bacia do Parnaíba, Brasil. Anuário do Instituto de Geociências – UFRJ.
- Garcia, A.J.V. (1991) Evolução sedimentar da sequência pré-rift das bacias costeiras e interiores do Nordeste brasileiro. *Pesquisas*, v. 18, n. 1, p. 3-12.
- Góes A.M., Rossetti D.F. 2001. Gênese da Bacia de São Luís-Grajaú. Meio Norte do Brasil In: Rossetti D.F., Góes A.M., Truckenbrodt W. (eds.) O Cretáceo da Bacia de São Luís-Grajaú, Belém, Museu Paraense Emílio Goeldi, p.15-29.
- Gonçalves, R.A.; Carvalho, I.S. 1996. Contribuição ao estudo da Sedimentação da Formação Itapecuru-Região de Itapecuru-Mirim, bacia do Parnaíba (Cretáceo Inferior) – Maranhão-Brasil.
- Kellner, A.W.A. & Campos, D.A. 1996. First Early Cretaceous theropod dinosaur from Brazil with comments on Spinosauridae. *Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie, abhandlungen*, Stuttgart, 199: 151-166.
- Kellner, A.W.A.; Azavedo, S.A.K; Machado E.B.; Carvalho, L.B.; Henriques, D.D.R. 2011. A new dinosaur (Theropoda, Spinosauridae) from the Cretaceous (Cenomanian) Alcântara Formation, Cajual Island, Brazil. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*.
- Klein, V.C.; Ferreira, C.S. 1979. Paleontologia e Estratigrafia de uma fácies estuarina da Formação Itapecuru, Estado do Maranhão. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, **51** (3): 523-533.
- Larson, R.L. e Ladd, J.W. 1973. Evidence for the opening of South Atlantic in the Early Cretaceous. *Nature* 246:209-212.
- Lison, L. Recherches sur la structure et l'histogenese des dents des poissons dipneustes. *Archives de Biologie*, Liege, v. 52, p. 279-320, 1941.

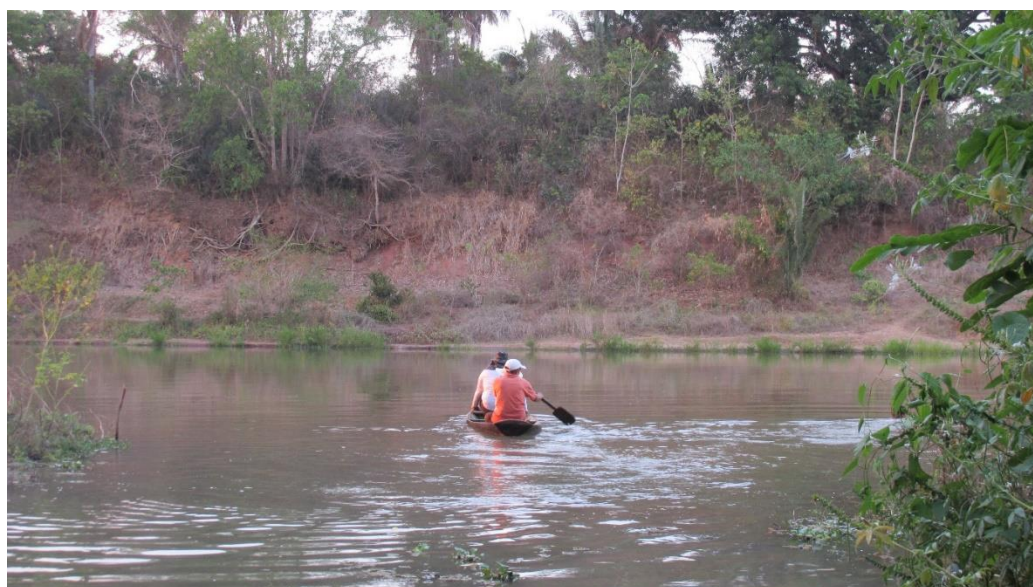
- Luz, A. A. – 1959 – Estudo espacial da Bacia do Maranhão. Relat. Téc. Interno, Petrobrás, Rio de Janeiro, v. 141.
- Lima, E. de A.M.; Oliveira, A.A. de Vieira, A.T.; Galindo, A.C.; Vasconcelos, A.M.; Soares Filho, A.R.; Moura, B. de; Sato, E.Y.; Silva, E.M.R. de O. e; Fonseca, E.G. da; Linz, F.A.P.L.; Fortes, F.P.; Silva, F.P. da; Benevides, H.C.; Leite, J.F.; Ribeiro, J.A.; Quinho, J de S. e Angelim, L.A. de A. -1979- Estudo global dos recursos minerais da Bacia Sedimentar do Parnaíba – Integração geológica – Metalogenética – Rel. final da etapa. Belém, ONPM-CPRM, v.2 e 3.
- Lisboa, M.A.R. 1914 The Permian Geology of Northern Brazil. *American Journal of Science*, NewHaven, ser. 4, v.37, n.221, p. 425-443.
- Martill, D.M. & Hutt, S. 1996. Possible baryonychid dinosaur teeth from the Wessex Formation (Lower Cretaceous, Barremian) of the Isle of Wight, England. *Proceedings of the Geologists' Association*, 107: 81–84.
- Medeiros M.A., Schultz C.L.A. 2002. Fauna Dinossauriana da Laje do Coringa, Cretáceo Médio do Nordeste do Brasil. *Arquivos do Museu Nacional*, 60: 155-162.
- Medeiros, M.A.; DAL`Bó, P.F.; Ferreira, N.N.; Carvalho, I.S. 2014. Os Fósseis da Formação Itapecuru e sua Aplicação na interpretação Paleoambiental.
- Medeiros M.A., Carvalho M.S.S., Silva M.A.M., Pereira A.A., Araujo M.N., Ferreira N.N., Vilas Bôas I. 2011. O senhor dos rios: *Mawsonia gigas* (Mawsoniidae) do Cenomaniano do Maranhão, Brasil. In: Carvalho I.S., Srivastava N.K., Strohschoen J.O., Lana C.C. (eds.) *Paleontologia: Cenários de Vida*, 5, Rio de Janeiro, Interciência, p. 575-583.
- Mendes, A.C.; Truckenbrodt, W. 2009. Proveniência de arenitos albianos (Grupo Itapecuru), borda leste da bacia de São Luís-Grajaú, Maranhão, usando análise de minerais pesados e química mineral.
- Miall, A. D. The Geology of fluvial deposits: sedimentary facies, basin analysis, and petroleum geology. Springer Verlag, Berlin, 582p., 1996.
- Miranda, M.C.C.; Rossetti, D.F. 2006. Paleoambientes de Depósitos Albianos na Bacia de Grajaú.

- Petri, S. – 1977 – Mesozoico não marinho do Brasil e seus problemas. Atas do Simpósio de Geologia regional, 1. São Paulo, SBG, p. 29-47.
- Pessoa, V.C.O.; Borghi, L. 2005. Análise Faciológica da formação tapecuru (Cretáceo, Bacia do Parnaíba) em Testemunhos de Sondagem. Anais do 3º Congresso Brasileiro de P&D em Petróleo e Gás.
- Pedraõ, E., Arai, M., Carvalho, I.S., Santos, M.H.B., 1993 B. Palinomorfos da Formação Itapecuru e análise palinológica de uma amostra de superfície da Ponta do Farol, São Luís e MA. PETROBRAS/CENPES, Rio de Janeiro, 10. (Relatório Técnico).
- Pedraõ, E.; ARAI, M.; Barrilari, I.M.R. & Carvalho, I. S. 1993a. Análise palinológica de uma amostra de superfície de Querru (Formação Itapecuru), município de Itapecuru-Mirim (MA). Relatório interno 65015087, Projeto 01.02.40, CENPES-Petrobrás, 26 p.
- Rodrigues, T.L.N.; Lovato, O.G.; Caye, B.R.1990. Contribuição à estratigrafia da Folha de São Luís (AS.23-Z-A) /MA. In: Congresso Brasileiro De Geologia, 36, Camboriú, 1990. *Resumos expandidos...*Camboriú, UNISINOS, p. 124-135.
- Rosseti D.F.; Truckenbrodt, W. 1997. Revisão estratigráfica para os depósitos do Albiano-Terciário Inferior (?) na Bacia de São Luis (MA), Note do Brasil. Belém, Museu Paraense Emílio Goeldi, P. 29-41. (Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi 9).
- Rosseti D.F. 2001a. Arquitetura deposicional da Bacia de São Luis-Grajaú. In: D.F. Rosseti; A.M. Góes & W. Truckenbrodt (eds.). *O Cretáceo na Bacia de São Luis-Grajaú*. Museu Paraense Emílio Goeldi, p. 47-66.
- Rosseti, D.F.; Truckenbrodt, W. 1999. Nomenclatura estratigráfica de depósitos Cretáceos expostos na bacia de São Luis (MA). In: Simpósio Sobre O Cretáceo DO BRASIL, 5., Serra Negra. *Boletim de resumos...*Serra Negra: IGCE/UNESP, 1999.p. 485-490.
- Sousa E.P., Medeiros M.A., Toledo C.E.V., Bertini R.J., Pereira, A.A., Lindoso, R.M. 2015. A new species of Equinoxiodus (Dipnoi: Neoceratodontidae) from the Late Cretaceous of Brazil. *Zootaxa*, 3905: 397-406.
- Szatmari, P.; Françolin, J.L.; Sanoto, O.; Wolff, S. 1987. Evolução Tectônica da Margem Equatorial Brasileira. *Revista Brasileira de Geociências*, v. 17, n. 2, p. 180 – 188

- Silvia Santos, R. (1991) Fósseis do Nordeste do Brasil: Paleoictiofáunula da Chapada do Araripe. Rio de Janeiro, Editado pela Universidade do estado do rio de Janeiro, 64p.
- Stromer, E. 1915. Ergebnisse der Forschungsreisen Prof. E. Stromers in den Wüsten Agyptens, II. Wirbeltiere-Reste der Baharije-Stufe (unterstes Cenoman) 3. Das Original des Theropoden *Spinosaurus aegyptiacus* nov. gen., nov. spec. *Abhandlungen der Königlich Bayerischen Akademie der Wissenschaften*, 28 (3): 1-32.
- Toledo C.E.V., Sousa E.P., Medeiros M.A., Bertini R.J. 2011. A new genus of Dipnoiformes from the Cretaceous of Brazil. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 83: 1181-1192.
- Thies, D. (1996) The jaw of *Araripelepidotes temnurus* (Agassiz, 1841) (Actinopterygii, Semionotiformes) from the Early Cretaceous of Brazil. *Journal of Vertebrate Paleontology*, v. 16, n. 3, p. 369-373.
- Vicalvi M.A., Carvalho I.S. 2002. Carófitas cretáceas da Bacia do Parnaíba (Formação Itapecuru), Estado do Maranhão, Brasil. In: 6º Simpósio Sobre o Cretáceo no Brasil e 2º Simpósio Sobre el Cretácico de América del Sur. São Pedro, Boletim, p.83-88.

ANEXOS**ANEXO I**

Alojamento das equipes de escavação durante os dias de coleta no afloramento Formosa e Boca do Forno no povoado de Conceição, Coroatá, MA. Foto: Sandro Miranda.

ANEXO II

Barqueiro realizando a travessia diária com os membros da equipe no rio Itapecuru, povoado Conceição, Coroatá, MA. Foto: Sandro Miranda.

ANEXO III

Um dos fósseis encontrados na escavação: uma Tíbia parcialmente preservada no nível de siltito vermelho rosado do afloramento Formosa, Coroatá, MA. Foto: Sandro Miranda.

ANEXO IV

Trabalhadores retirando os sedimentos acima do nível fossilífero do afloramento Formosa, Coroatá, MA. Foto: Sandro Miranda.

ANEXO V

Fragmento de costela de dinossauro proveniente do afloramento Formosa, Coroatá, MA. Foto: Robertsonio Brito Seixas.

ANEXO VI

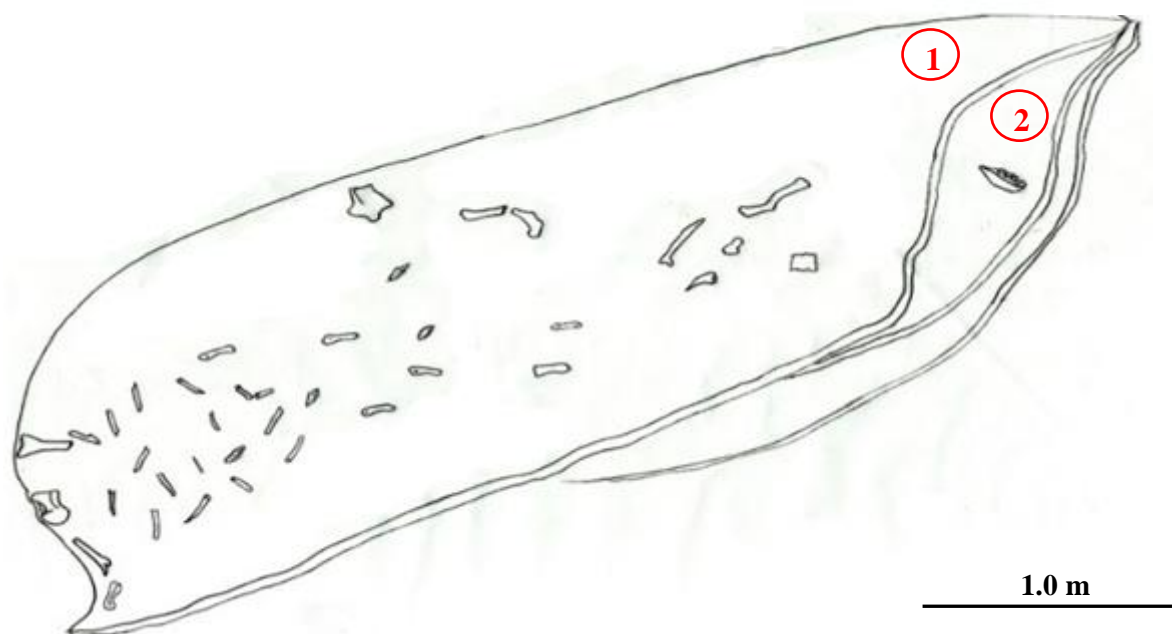
Ossos não identificados provenientes do afloramento Formosa, Coroatá, MA. Foto: Sandro Miranda.

ANEXO VII



Prof. Manuel Alfredo Medeiros em trabalho de coleta. O círculo mostra um elemento esquelético de Spinosauridae sendo retirado do sedimento. Foto: Robertsonio Brito Seixas.

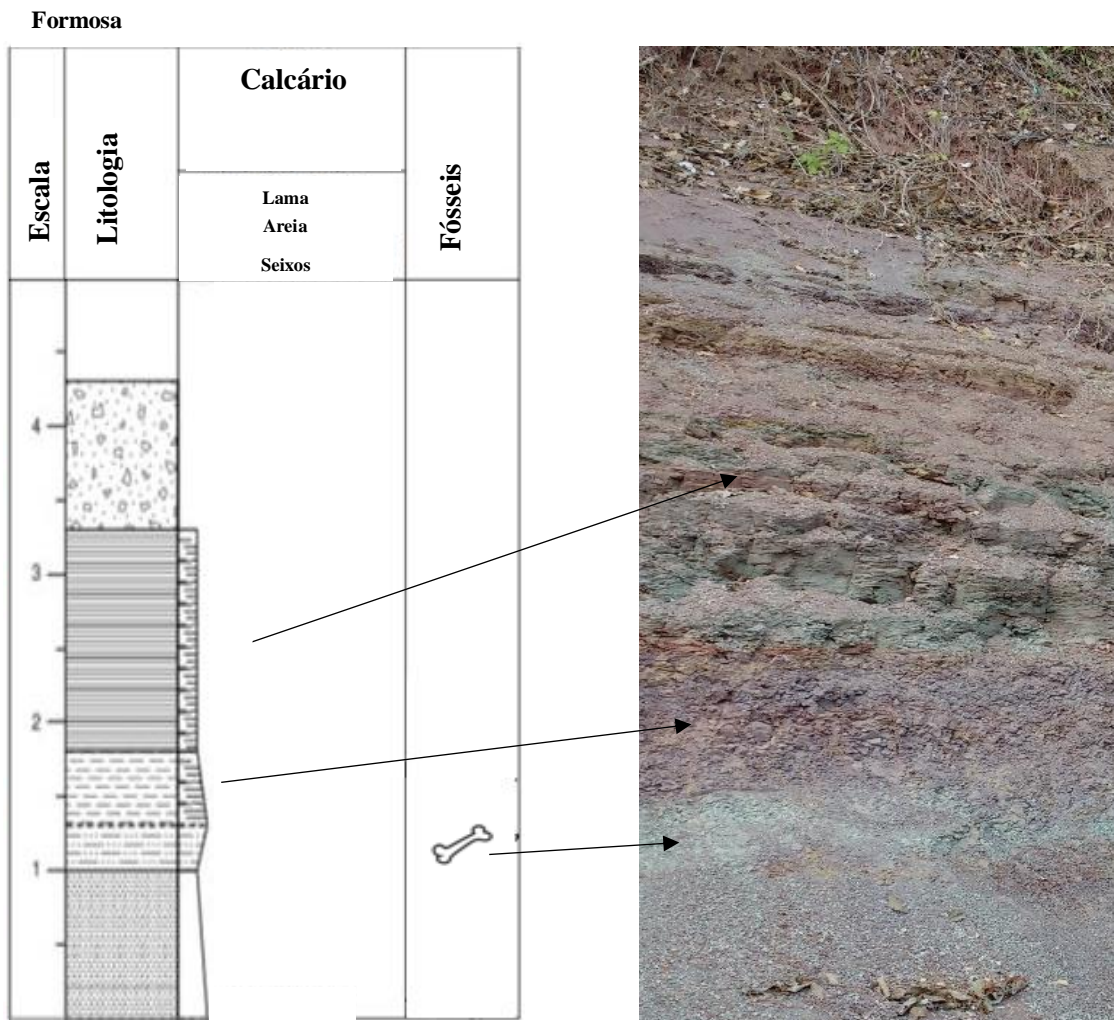
ANEXO VIII



Esquema tafonômico da camada fossilífera com os fósseis *in loco* no afloramento Formosa, Coroatá, MA. A camada mais superior (1) é o nível de argilito vermelho rosado ricamente fossilífero; a camada inferior (2) é o nível de siltito cinza esbranquiçado também possuindo fósseis, mas em menor quantidade. Borda inferior do desenho da camada 1 alinhada paralelamente à margem direita do rio Itapecuru.

ANEXO IX

Perfil estratigráfico do afloramento Formosa. Gentilmente elaborado pela Dra. Silvia Helena Arcanjo (Geóloga).



Litologias

Símbolos

Limites de Base



Mudstone



Vertebrados



Gradação



Silte

Laminação horizontal
planar

Laminado

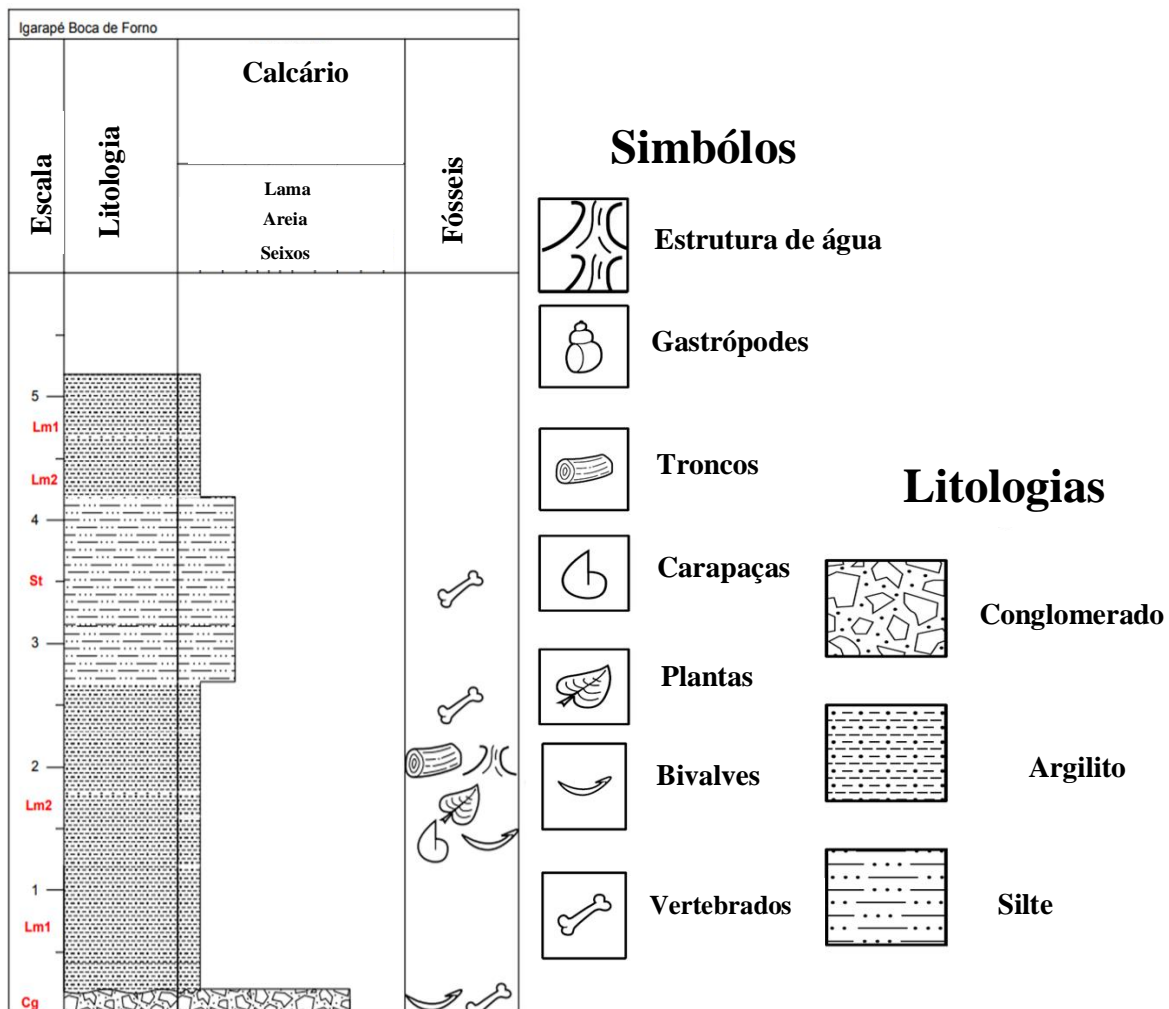
Argilito finamente laminado
friável

Folhelho



Solo

ANEXO X



Perfil estratigráfico da ravina do igarapé Boca de Forno. Cedida pelo Dr. Rafael Lindoso (IFMA).