

SIGNIFICADO PALEOAMBIENTAL DE ICNOFÓSSEIS EM ARENITOS SILURIANOS DA REGIÃO DE SANTANA DO ACARAÚ – CEARÁ

Ana Clara Braga de Souza¹

Maria de Jesus Gomes de Sousa¹

Wellington Ferreira da Silva Filho²

Ana Olívia Batista Viana²

Felipe Holanda dos Santos²

Doi: 10.18190/1980-8208/estudosgeologicos.v25n2p39-52

¹Programa de Pós-Graduação em Geologia e Recursos Minerais, UFC, Brasil;

anaclarageologia@alu.ufc.br; marryesousa@yahoo.com.br

²Departamento de Geologia, UFC, Brasil; welfer@ufc.br; anaoliviabv@gmail.com;

fhfelipeh@gmail.com

RESUMO

O objetivo desse artigo é caracterizar e discutir o significado paleoambiental de icnofósseis em arenitos e conglomerados silurianos da região de Santana do Acaraú. Foram analisados 18 afloramentos sob a ótica de fácies icnológicas e sedimentares. Os icnitos se distribuem nos setores norte e central da área de estudo e se classificam em duas icnofácies: Cruziana, representada pelos icnogêneros *Circulichnis* e *Palaeophycus* e; Skolithos representada por *Skolithos* e *Arenicolites*. *Skolithos*, como icnitos únicos, ocorrem em conglomerados areníticos com calhaus junto à borda tectônica oeste do corpo arenítico. *Skolithos* associado a *Circulichnis* e *Arenicolites* ocorrem em conglomerados areníticos e arenitos conglomeráticos. *Palaeophycus* ocorre em associação com *Circulichnis* em arenitos conglomeráticos. De maneira geral, *Skolithos* como único icnito, *Skolithos-Circulichnis-Arenicolites* e *Circulichnis-Palaeophycus* representam tendências de ocorrência e associação que correspondem a níveis médios decrescentes de energia do paleoambiente deposicional, o qual foi caracterizado como um sistema deltaico entrelaçado dominado por marés. Os resultados contribuem para o melhor entendimento paleoambiental da ocorrência arenítica siluriana.

Palavras Chaves: Icnofósseis, Siluriano, Santana do Acaraú.

ABSTRACT

The aim of this study is to characterize and discuss the paleoenvironmental significance of trace fossils of Silurian sandstones near of Santana do Acaraú municipality. 18 occurrences were analyzed from the perspective of ichnologic and sedimentary facies. The trace fossils are distributed in the northern and central sectors of the study area and comprise two ichnofacies: Cruziana, represented by ichnogenera *Circulichnis* and *Palaeophycus*, and Skolithos represented by *Skolithos* and *Arenicolites*. *Skolithos* alone occurs in sandstone conglomerates with pebbles along the tectonic western edge of the sandstone body. *Skolithos* occurs with *Circulichnis* and *Arenicolites* in sandstone conglomerates and conglomerate sandstones. *Palaeophycus* occurs in association with *Circulichnis* in conglomerate sandstones. In general, *Skolithos* alone, *Skolithos-Circulichnis-Arenicolites* and *Circulichnis-Palaeophycus* represent trends of occurrence and association which correspond to decreasing mean levels of energy in the depositional

paleoenvironment, which was characterized as a tide-dominated braided delta system. The results contribute to a better paleoenvironmental understanding of the Silurian sandstone occurrence.

Keywords: Trace fossils, Silurian, Santana do Acaraú.

INTRODUÇÃO

ICNOLOGIA pode ser definida de forma ampla como o estudo de estruturas resultantes dos efeitos de atividade orgânica sobre um substrato (inconsolidado ou litificado) e inclui o entendimento dos processos de bioerosão e bioturbação, assim como os produtos desse processo (Ekdale *et al.*, 2012). Traços fósseis representam feições sedimentológicas e paleontológicas, constituindo ferramenta potencial de indicação ambiental no registro geológico (MacEachern *et al.*, 2007).

Para a região de Santana do Acaraú, as observações icnológicas remontam a Wilhelm Kegel, em 1953, que iniciou suas pesquisas pioneiras coletando informações de traços fósseis juntamente com a geologia e paleontologia da região.

As informações coletadas por Kegel foram fundamentais para o posicionamento das unidades litoestratigráficas da Bacia do Parnaíba e para caracterização paleoambiental das formações silurianas e devonianas (Fernandes *et al.*, 2012). A Formação Ipu, unidade basal da Bacia do Parnaíba, depositada no início do Siluriano (Llandovery) (Bigarella *et al.*, 1965) é também icnofossilífera.

O corpo arenítico de Santana do Acaraú, inserida no noroeste do Estado do Ceará, há pelo menos um século é interpretado como um testemunho da Bacia do Parnaíba (Small, 1914). Estratigraficamente, é correlacionado à Formação Ipu (Destro *et al.*, 1994). Segundo Carvalho (2005), as rochas sedimentares são distribuídas em três fácies monótonas compostas por conglomerados polimíticos,

arenitos conglomeráticos e por arenitos médios a grossos.

A ocorrência arenítica de Santana do Acaraú controla morrotes com orientação preferencial NE-SW e que se encontram inseridos maioritariamente no município de mesmo nome e, em menor parte, no município de Morrinhos. O corpo apresenta aproximadamente 30 km de comprimento principal por 5 km de largura máxima (Destro *et al.*, 1994). Ao todo foram observados 58 afloramentos sendo 18 deles icnofossilíferos (Figura 1).

Estudos preliminares sobre a fauna icnofossilífera da região de Santana do Acaraú (Viana *et al.*, 2010) descreve um dos icnogêneros identificados nesse artigo (*Circulichnis* Vyalov, 1971). Contudo, sua descrição não aborda aspectos estratigráficos nem traz informações de diversidade e distribuição. Além disso, não há informações de correlação ou coexistência com os outros três icnogêneros apresentados nesse artigo. Outro aspecto que merece melhor atenção relaciona-se à diversidade dos traços fósseis identificados.

Assim, o objetivo desse artigo é caracterizar e discutir os traços fósseis do corpo arenítico siluriano região de Santana do Acaraú, ressaltando suas relações tanto sedimentológicas quanto estratigráficas. Enseja-se compreender seus padrões de distribuição e a diversidade dos icnogêneros encontrados. Busca-se, ainda, classificá-los icnofacilogicamente e, por fim, discutir as características paleoambientais relacionados aos registros biológicos descritos, com intuito de caracterizar o ambiente deposicional aos quais os icnofósseis pertencem.

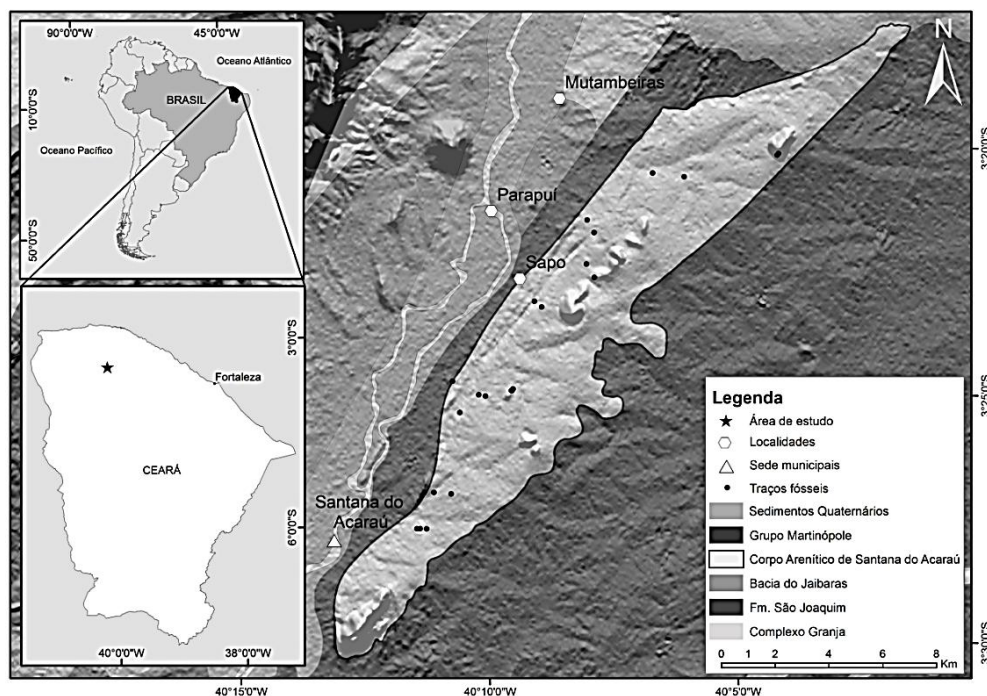


Figura 1 - Localização dos 18 afloramentos icnofossilíferos da região de Santana do Acaraú.

MATERIAIS E MÉTODOS

O trabalho foi realizado em três principais etapas. Na primeira foram feitos mapas de campo com auxílio dos programas Global Mapper 14[®] (Blue Marble Geographics 2013), AutoCAD 2013[®] (Autodesk 2013) e ArcGIS 10.1[®] (ESRI 2012). Para execução dos mapas, foram obtidos arquivos junto ao INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais) e GEOBANK, banco de dados da CPRM e o levantamento bibliográfico dos icnofósseis já descritos para o Grupo Serra Grande.

A etapa de campo ocorreu em dois períodos, setembro de 2013 e agosto de 2014, com coleta de dados sedimentológicos, estratigráficos e icnológicos. Dos 58 afloramentos investigados, 18 foram identificados como icnofossilíferos.

Segundo Knaust (2012), a análise de traços fósseis em afloramentos depende de vários fatores como composição, grau de litificação, intemperismo e das

características de exposição dos traços. Frequentemente, as rochas areníticas de Santana do Acaraú se apresentam friáveis, o que impossibilitou a retirada de exemplares de forma que as principais análises foram feitas *in loco*. Foram coletadas informações de quantidade de traços, padrão icnofossilífero, tamanho e associação dos icnogêneros ocorrentes. Dezesesseis lâminas delgadas foram confeccionadas, contudo padrões icnofossilíferos não foram detectados em escala microscópica.

Segundo MacEachern *et al.* (2007), uma icnofácies é definida por agrupamentos de traços fósseis que consistem em condições etológicas que refletem combinações específicas de resposta do organismo a condições ambientais. Portanto, a última fase do trabalho envolveu a análise de icnofácies e das características paleoambientais relacionadas aos icnogêneros encontrados.

CONTEXTO GEOLÓGICO REGIONAL

A área de estudo está exposta no noroeste da Província Borborema (Almeida *et al.*, 1977), especificamente no Noroeste do Ceará, onde destaca-se a Bacia do Parnaíba, elemento geológico formado em resposta à subsidência termal associada aos pulsos finais da Orogênese Brasileira (aproximadamente 520 Ma.) (Cunha, 1986). Sua sequência mais antiga corresponde ao Grupo Serra Grande que se encontra dividido em três formações (da base para o topo): Formação Ipu (alvo desse trabalho); Formação Tianguá, e; Formação Jaicós (Santos & Carvalho, 2004).

A Formação Ipu (Caputo & Lima, 1984) é composta basicamente por arenito médio a grosso, diamictito e folhelho, que foram depositados por sistemas fluviais entrelaçados com influência periglacial, durante o Siluriano (Santos & Carvalho, 2004). O corpo sedimentar de Santana do Acaraú é interpretado como correlato a essa formação (Destro *et al.*, 1994), apresentando contatos tectônicos e discordantes angulares com as rochas da Bacia do Jaibaras e embasamento gnáissico-migmatítico circunjacente.

O corpo arenítico de Santana do Acaraú apresenta aproximadamente 30 km de comprimento no eixo principal por 5 km de largura máxima e, embora seja litocorrelacionado a Fm. Ipu, apresenta-se isolado da mesma por exposições de rochas eopaleozoicas (Grupo Jaibaras) e pré-cambrianas (Destro *et al.*, 1994).

Dados geofísicos apontam que a espessura do corpo arenítico de Santana do Acaraú é da ordem de 500-600 metros (Carvalho, 2003). Segundo Carvalho (2005), existem três fácies compostas por conglomerados polimíticos, arenitos conglomeráticos, ambas com estratificações cruzadas acanaladas e coloração que varia do vermelho ao amarelo avermelhado e por uma

fácies composta por arenitos médios a grossos de coloração amarelo esbranquiçada.

Viana *et al.* (2010) descreveram *Circulichnis* como escavações horizontais, no sentido do acamamento da rocha, não ramificado, de formato circular a ovalado, sendo classificado como icnito de habitação, formado por organismos vermiformes. Este icnogênero e os demais observados serão descritos a seguir.

DESCRIÇÃO PALEOICNOLÓGICA

Os icnofósseis estudados ocorrem restritos aos setores norte e centro da área de estudo. Dentre as fácies (sedimentológicas) identificadas por Souza (2013), os traços ocorrem relacionados a conglomerados areníticos com estratificação cruzada acanalada (fácies CAai) e arenitos conglomeráticos com estratificação cruzada acanalada (fácies ACai) (Figura 2). As fácies sedimentares em que os icnitos não ocorrem incluem: conglomerados maciços (fácies Cm), arenitos conglomeráticos com estratificação cruzada acanalada (fácies Aca), arenitos conglomeráticos com estratificação cruzada planar (fácies ACp) e arenitos médios a muito grossos com estratificação cruzada acanalada (fácies Aa), arenito fino com estratificação cruzada planar e arenito fino com estratificação plano-paralela (Ah).

Já os icnofósseis se distribuem em duas icnofácies: Cruziana, representada pelos icnogêneros *Circulichnis* e *Palaeophycus* Hall, 1847, e; Skolithos, também representada por dois icnogêneros *Skolithos* Haldemann, 1840 e *Arenicolites* Salter, 1857.

Circulichnis é o icnogênero mais comum na área. Tem uma forma circular ou ovalar não ramificado. São identificados preferencialmente em planta como pares de círculos circunscritos (Figura 3A), alguns desses círculos aparecendo mal formados. Por vezes, também podem ser identificados

por terem sua forma ressaltada da rocha que os hospeda (Figura 3B). Geralmente, ocorre

mudança de coloração nas bordas dos seus círculos tanto internos como externos.

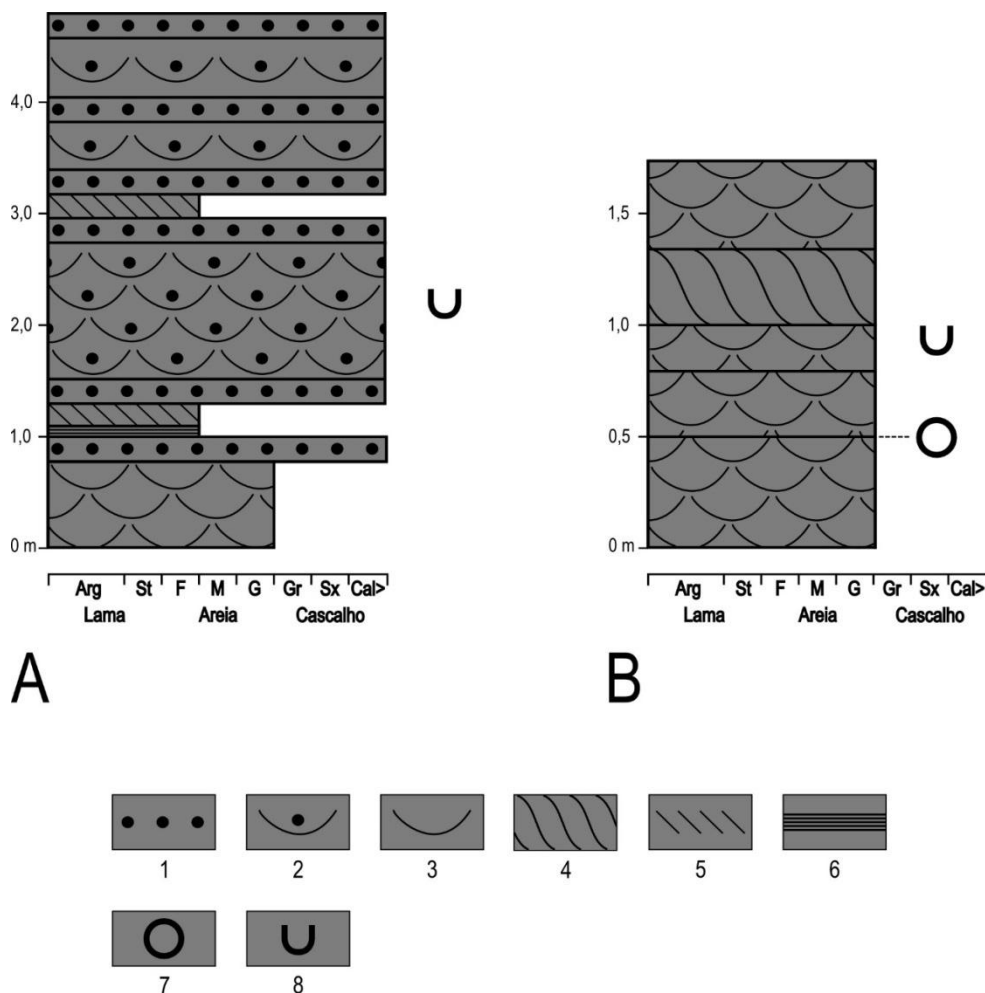


Figura 2 – Seções colunares de afloramentos selecionados. A) Afloramento-C21 (X: 0369294; Y: 9621680, WGS84, UTM Zona 24S). Conglomerados areníticos com arenitos finos intercalados e presença de *Arenicolites* no interior dos estratos. B) Afloramento-O17 (X: 0372072; Y: 9625820, WGS84, UTM Zona 24S). Arenitos conglomeráticos com *Arenicolites* na base de camada com estratificações cruzadas planares sigmoidais e *Circulichnis* nas superfícies interestratais. Legenda: 1-Conglomerado maciço (Cm); 2-Conglomerado arenítico com estratificação cruzada acanalada (CAai); 3-Arenito conglomeráticos com estratificação cruzada acanalada (ACai); 4-Arenitos conglomeráticos com estratificação cruzada planar sigmoidal (ACp); 5-Arenito fino com estratificação cruzada planar (Ap); 6-Arenito fino com estratificação plana-paralela (Ah); 7-*Circulichnis*; 8-*Arenicolites*.

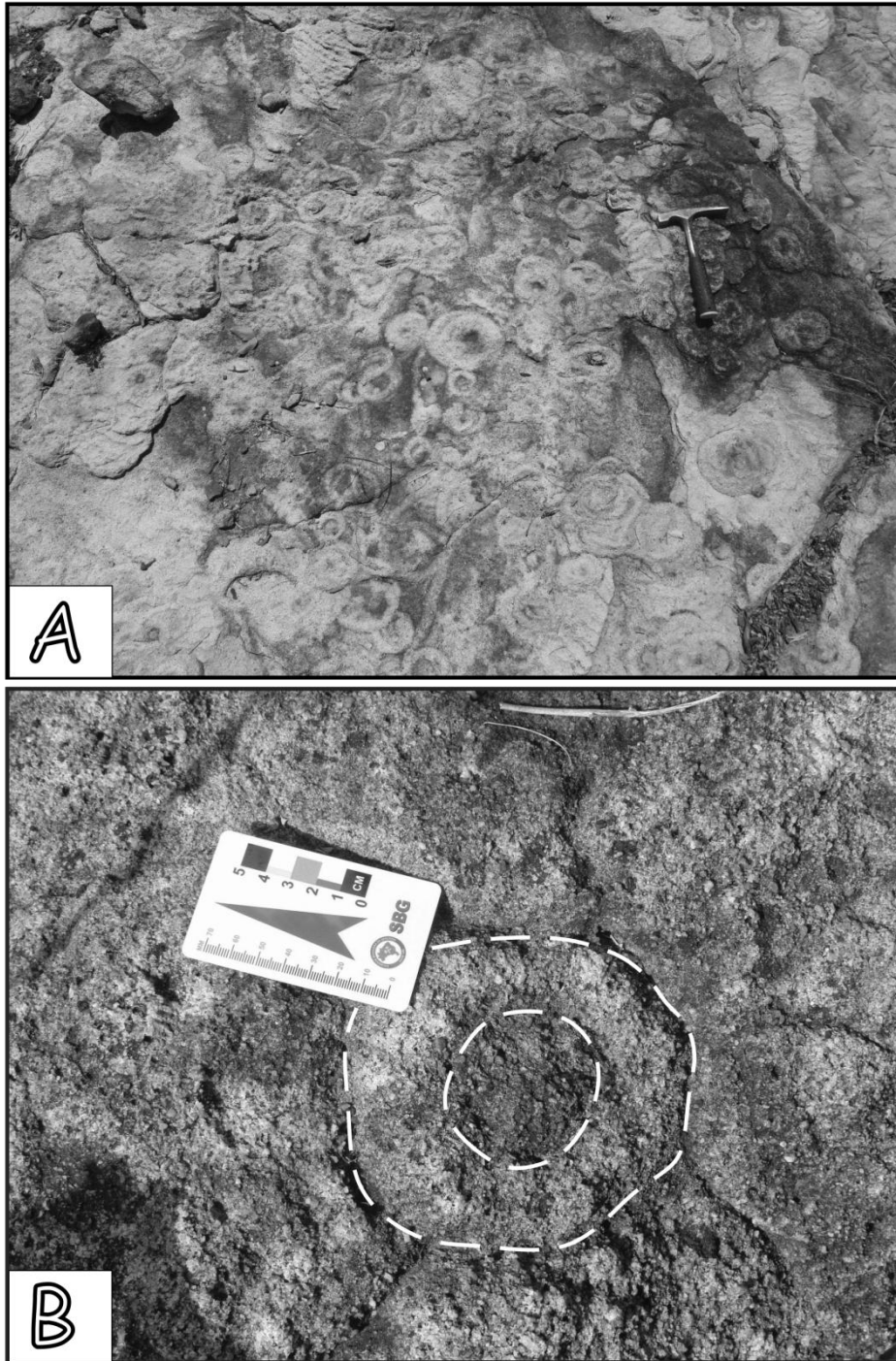


Figura 3 - A) Vista em planta de *Circulichnis*, B) Vista em detalhe de *Circulichnis*, evidenciado o aspecto ressaltado que alguns traços apresentam.

Seu tamanho externo varia de 4 a 24 cm. Há traços que se aglomeram e traços que se assemelham a junções de várias marcas próximas que, algumas vezes, estão associadas ao icnogênero *Palaeophycus*

(Figura 4A). O icnogênero *Circulichnis* é formado por escavações horizontais ao sentido de acamamento da rocha. Está associado às fácies conglomerado arenítico (CAai) e arenito conglomerático (ACai) e

não obliteram as estratificações, o que torna possível a identificação das estruturas sedimentares e biológicas no mesmo afloramento (Figura 4B). Esses traços fósseis são os mais abundantes e apresentam

grandes variações quanto ao tamanho e a forma que podem assumir. Encontram-se associados a todos os outros icnogêneros presentes na área.

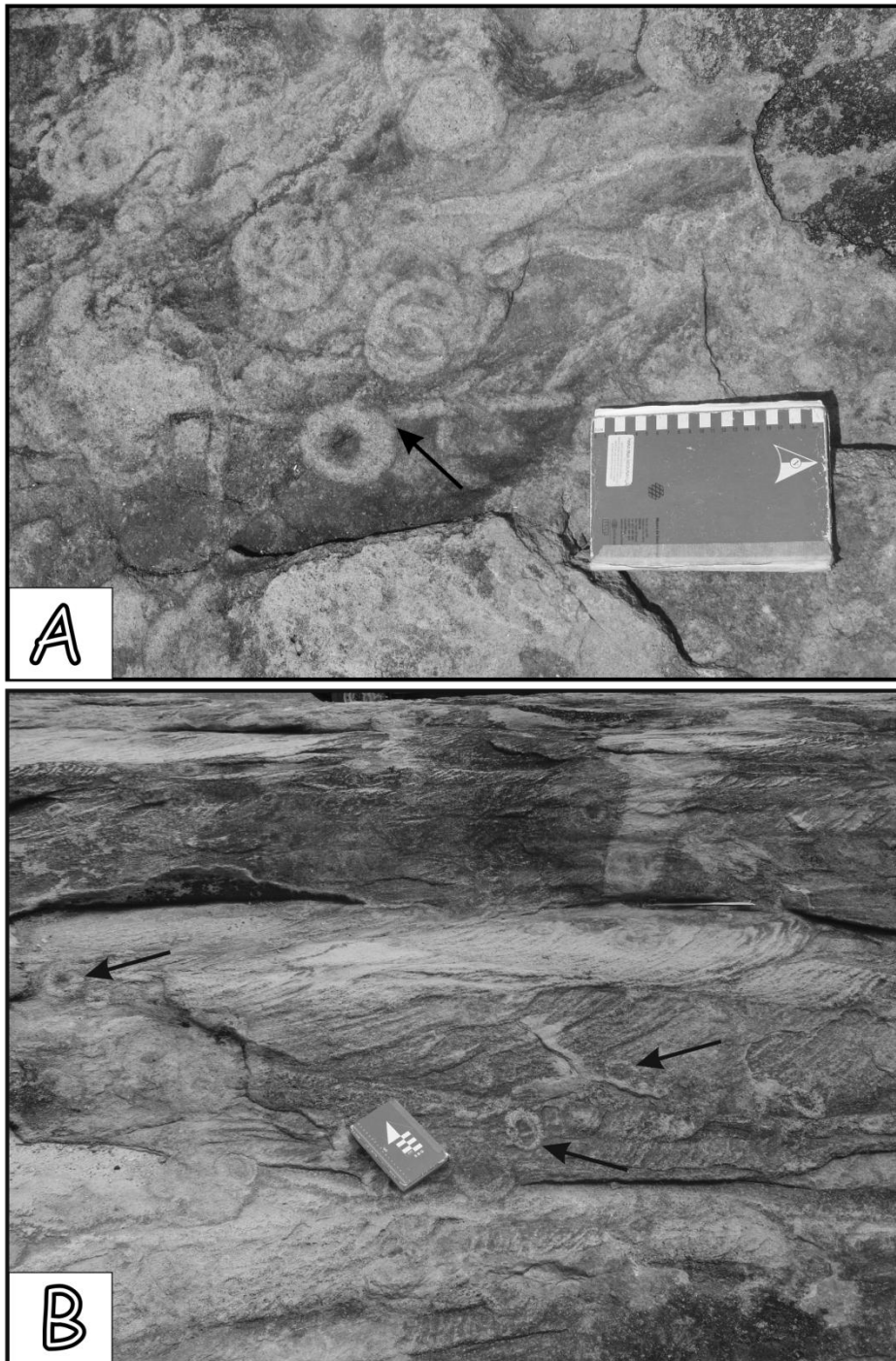


Figura 4 - A) Associação de *Circulichnis* e *Palaeophycus* (retos a sinuosos). B) Relação entre as estratificações cruzadas e *Circulichnis* (visão em planta).

Palaeophycus ocorrem apenas associados ao icnogênero *Circulichnis* formando marcas de tubos com comprimento de 20 a 40 cm e com largura de 2 cm, retos ou encurvados, horizontais ao substrato (Figuras 4A, 5A e 5B). Processos intempéricos provocaram atenuação da altura do tubo, sendo os responsáveis pela diminuição do relevo positivo dos traços. Também apresentam coloração diferenciada nas bordas e seu preenchimento é

semelhante à rocha que os circunda. Estão associados a arenito muito grosso a conglomerático (fácies ACai), com clastos maiores de quartzo subangulosos a subarredondados, alcançando até 12 cm. Tem uma distribuição menos ampla que *Circulichnis*, estando ausentes em muitos dos afloramentos em que aqueles ocorrem. No entanto, quando ocorrem, são abundantes.

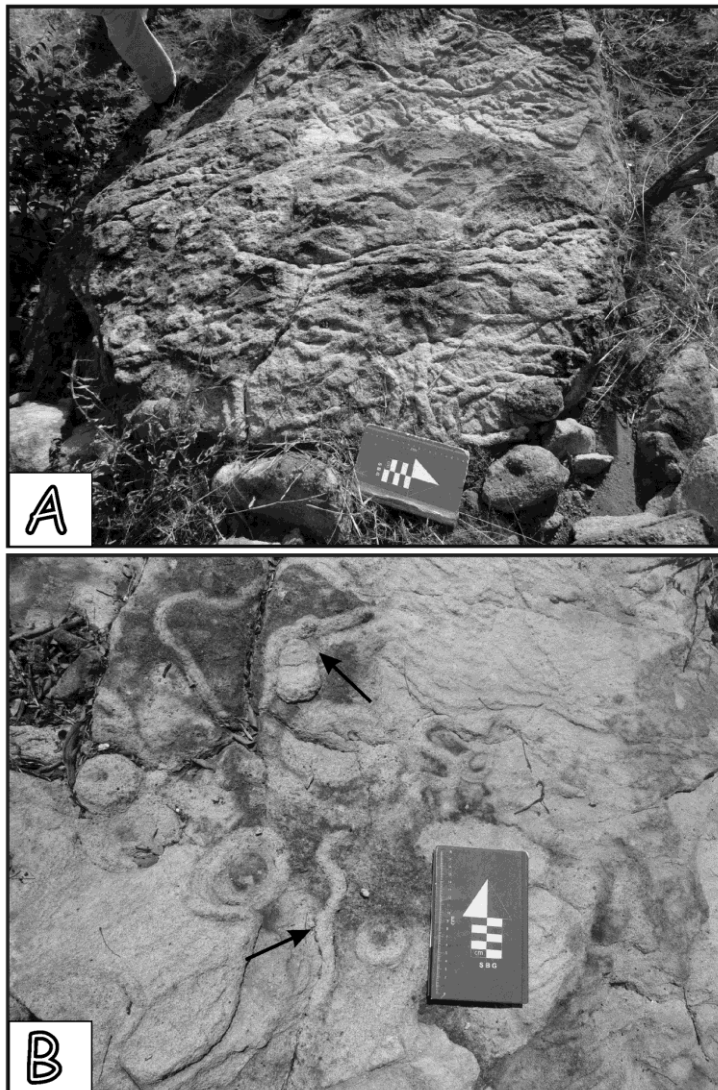


Figura 5 – A) Vista em planta do icnogênero *Palaeophycus*. B) Associação dos icnogêneros *Circulichnis* e *Palaeophycus*.

Skolithos aparecem como tubos verticais cilíndricos, irregulares, isolados, com terminações levemente inclinadas e arredondas (Figura 6A). Tais tubos são notórios por apresentarem bordas um pouco mais escuras que a tonalidade usual da rocha (Figura 6D). Possuem dimensão com profundidade de 12 cm por 3 cm de diâmetro e também apresentam sua porção inferior arredondada, contudo levemente mais estreita que a extremidade superior. Ocorrem orientados perpendicularmente ao plano de estratificação e, por vezes, obliteram parcialmente o acamamento.

Skolithos ocorrem com baixa frequência, visto que só foram identificados em quatro afloramentos, e com baixa intensidade, não ultrapassando doze tubos por afloramento. Quando não ocorrem como único icnito identificável, associam-se a dois outros icnogêneros, *Circulichnis* e *Arenicolites*. Litologicamente estão associados à fácies CAai, que é composta por paraconglomerados com arcabouço predominantemente formado por grânulos e seixos de quartzo/quartzito e matriz arenítica. Também se associam a arenitos conglomeráticos com estratos cruzados acanalados (fácies ACai).

Arenicolites são identificados por escavações em forma de “U” (Figura 6C). Atingem profundidades de até 15 cm, embora sejam identificados em traços menores que gradam até cerca de 10 cm. Assim como os outros traços fósseis do corpo arenítico de Santana do Acaraú tais icnitos também possuem coloração diferente nas bordas que ajuda na sua identificação em campo (Figuras 6E). Litologicamente, ocorrem em arenito grosso a muito grosso com grânulos e seixos de 2 mm a 6 mm (fácies ACai) (Figura 2B). Apesar da

ocorrência, no mesmo afloramento, de arenitos conglomeráticos com estratos cruzados planares de médio porte e diminuição cíclica do tamanho dos grãos nos *foresets* (fácies ACp), esses icnitos se restringem a níveis com estratificação cruzada acanalada. Por vezes, chegam a obliterar as estruturas sedimentares da rocha. Ocorrem associados ao icnogênero *Circulichnis* com uma distribuição menos ampla, sendo os icnofósseis menos abundantes, fato que se ressalta pelo aparecimento dessas marcas em apenas três afloramentos.

Em corte transversal, *Arenicolites* também é identificado como tubos pareados (Figura 6B), uma vez que, nem sempre a forma em “U” é perfeitamente identificável. Contudo, a semelhança de tamanho e profundidade entre essas marcas e as descritas anteriormente indicam similaridade.

Tais tubos pareados apresentam uma profundidade de 16 cm e com extremidades superiores separadas por 11 cm. Os tubos sempre ocorrem pareados e apresentam diâmetro de 2,5 cm cada. Seu preenchimento é semelhante ao da matriz da rocha. Eles apresentam sua porção inferior arredondada, levemente mais estreita que a porção superior.

Em afloramento junto à borda tectônica oeste (próxima à Falha Sobral-Pedro II) o arcabouço varia até calhaus e são notórias intercalações de lâminas de arenito fino micáceo, especialmente em *foresets* de estratos cruzados acanalados. Nesse afloramento, foram observados os tubos pareados, possivelmente pertencentes ao icnogênero *Arenicolites*, em camada conglomerática a grânulos/seixos (Figuras 6B e 2A).

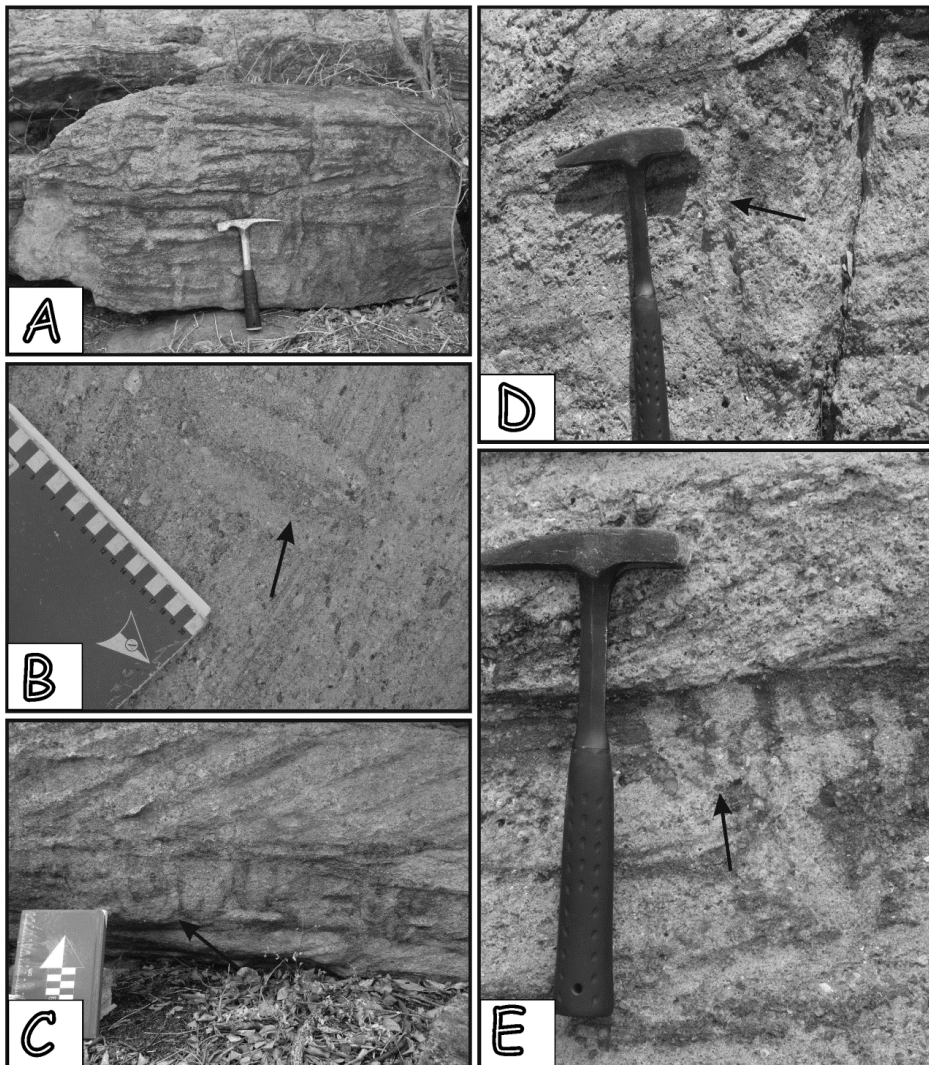


Figura 6 – A) *Skolithos* formados por tubos verticais cilíndricos, irregulares e isolados. B) Tubos pareados possivelmente pertencentes ao icnogênero *Arenicolites*. C) *Arenicolites* em sequência decrescente da esquerda para direita (abaixo de um nível de estratificação cruzada planar sigmoidal D) *Skolithos* isolados. E) *Arenicolites* ressaltado pela diferença de coloração nas bordas.

DISCUSSÃO

A distribuição icnofossilífera no corpo arenítico de Santana do Acaraú está claramente relacionada à litofácies e paleoambiente deposicional, especialmente ao nível energético do meio, já que este é o fator primário na determinação de como se dará a distribuição das icnofácies (Netto, 2001). Na área estudada, os ambientes

apresentam uma variação de energia que vai de alta a muito alta, caracterizada pela ocorrência de conglomerados e arenitos conglomeráticos com clastos que atingem a fração calhau e com processos erosivos frequentes.

As rochas do setor sul classificam-se como conglomerados maciços (fácies Cm) e conglomerados areníticos com estratificação cruzada acanalada (fácies CAa).

Conglomerados maciços sustentados pelo arcabouço apresentam camadas com grande persistência lateral e matriz arenosa, implicando em sedimentação por fluxos gravitacionais não-coesivos oriundos de áreas fontes próximas. Assim, o ambiente era de altíssima energia e impossibilitava a existência de organismos colonizadores. Já os conglomerados areníticos com estratificação cruzada acanalada indicam fluxos trativos confinados unidirecionais, típicos de ambiente fluvial. Dada à inexistência, nessas rochas, de feições sugestivas da ação de marés (estratificações cruzadas espinha de peixe, pacotes de maré, filmes lamíticos sobre *foresets* etc.), a ausência de icnofósseis indica que esses substratos não eram propícios ao suporte da atividade orgânica.

Por sua vez, as litofácies que comportam a assembleia icnofossilífera de Santana do Acaraú também representam um meio de alta energia, uma vez que são formadas por conglomerados areníticos (fácies CAai) e arenitos conglomeráticos (fácies ACai). Contudo, o diferencial dessas fácies para as fácies anteriormente descritas (que não tem traços fósseis) é uma discreta diminuição na energia atestada por uma diminuição no tamanho dos clastos predominantes, com redução na frequência de calhaus e aumento de grânulos, além da presença de estruturas sedimentares passíveis de ocorrência em zonas influenciadas por marés, como *foresets* com contrastes granulométricos, em que camadas de arenito muito grosso/conglomerado se intercalam com lâminas de arenito fino micáceo (fácies CAai), análoga a estratificações heterolíticas.

As configurações granulométricas dos depósitos, estratos cruzados associados a dunas subaquosas 3-D, ausência de estruturas indicativas de exposição subárea e, principalmente, a icnofaciologia, indicam ambiente inframaré de delta entrelaçado (ACai), localmente influenciado por leque

aluvial/deltaico quando próximo à borda do corpo (CAai com calhaus).

A ocorrência de *Arenicolites* em estratos cruzados acanalados (fácies ACai), sotopostos a pacotes de estratos cruzados planares sem icnitos (fácies ACp) indicam a atividade orgânica em depósitos de fundo de canal de maré, soterrados pela migração de dunas subaquosas 2-D, possivelmente com pacotes de maré, submetidas a uma corrente dominante com paleofluxo para NNW (Souza, 2013).

Pela classificação etológica (Seilacher, 1953) os icnogêneros da icnofácies Cruziana são relacionados a atividades de habitação e alimentação, o que é evidenciado pelas longas marcas de rastejo de *Palaeophycus* e pela grande quantidade de *Circulichnis* por afloramento. Geralmente a icnofácies Cruziana possui alta diversidade e abundância (MacEachern *et al.*, 2007), contudo, na área estudada, essa icnofácies possui baixa diversidade sendo considerada uma icnofácies Cruziana empobrecida em sua icnodiversidade. (MacEachern *et al.*, 2007) aponta que uma baixa diversidade pode ser relacionada a determinados ambientes transicionais Paleozoicos, como os que são interpretados para a região de Santana do Acaraú.

Já os icnogêneros da icnofácies Skolithos são característicos de atividades de escavação na forma de J ou U, usados para escape, proteção e habitação. Estas feições verticais evidenciam as condições de mais alta energia do meio.

Conjuntamente, ambas as icnofácies são compatíveis com influência marinha, sendo Cruziana a com maior densidade de traços tanto de *Circulichnis* como de *Palaeophycus*. Já, as formas em tubo, características da icnofácies Skolithos, assumem geralmente a forma de escavações verticais, no qual os organismos usam esses sistemas tubulares para se protegerem das condições do meio em que viviam. É justamente essa icnofácies que se associa a

depósitos com maior tamanho de clastos na área estudada, o que evidencia uma maior energia do meio e explica a menor densidade de traços. Dessa forma, a icnofácies Skolithos caracteriza um contexto de canais de maré, em porções sujeitas a maiores velocidades de correntes. Outro indicativo do contraste entre condições menos e mais adversas é a mudança na localização dos traços, que deixam de se localizar na superfície estratal na icnofácies Cruziana e passam a ocorrer no interior dos estratos na icnofácies Skolithos, respectivamente.

Portanto, pode-se afirmar que na icnofácies Skolithos, as escavações de *Arenicolites* formaram-se em contextos de mais alta energia, como indica os afloramentos junto à borda tectônica oeste do corpo arenítico (fácies CAai com calhaus). Em contextos de nível de energia mais variável e possivelmente um pouco menor, *Skolithos* ocorre associado a *Circulichnis* e *Arenicolites* (fácies CAai e ACai). Já *Palaeophycus* ocorre em associação a *Circulichnis* em ambientes com menor grau relativo de energia do conjunto (fácies ACai).

A energia do meio se relaciona ao contexto paleoambiental identificado para a área de estudo, ou seja, deltas alimentados por sistemas fluviais de alta energia (com possível influência de leques aluviais, especialmente junto às bordas) e modificados pela ação de marés.

O modo como esses paleoambientes se relacionam no tempo e no espaço denotam estudos mais aprofundados que estão em curso pela equipe autora desse artigo.

CONCLUSÕES

As icnofácies do corpo arenítico de Santana do Acaraú estão fortemente associadas aos níveis de energia de um ambiente de delta entrelaçado dominado por marés e com possível influência de leques aluviais em sua borda oeste.

De forma geral, os tubos pareados, possivelmente pertencentes ao icnogênero *Arenicolites*, associaram-se a paleoambientes de maior energia com possível influência de leques aluviais, *Skolithos*, *Arenicolites* e *Circulichnis* a paleoambientes de energia mais variável e relativamente menor, enquanto que *Circulichnis* e *Palaeophycus*, relacionam-se a paleoambientes com menor grau energético do sistema, em todos os casos, canais influenciados por marés.

Estratigraficamente, o corpo arenítico de Santana do Acaraú deve ser mais bem estudado, buscando-se uma correlação mais segura com as unidades basais da Bacia do Parnaíba, um refinamento dos paleoambientes deposicionais através de um minucioso estudo faciológico, de proveniência e paleocorrentes e a integração desses resultados com os dados estruturais, para a composição de um modelo tectônico que possa contar a geo-história do corpo arenítico.

Agradecimentos

Os autores agradecem à Universidade Federal do Ceará, projeto “Lineamento Transbrasiliano: Origem, Evolução e Influência na Sedimentação de Bacias Fanerozóicas” (Rede Temática de Estudos Tectônicos-PETROBRAS) e ao INCT de Estudos Tectônicos, ambos coordenados por R. A. Fuck (UnB), pelo auxílio aos trabalhos de campo. Os autores agradecem também ao professor Gorki Mariano (UFPE) e ao revisor anônimo pelos seus comentários e sugestões.

REFERÊNCIAS

Almeida F.F.M de, Hasui Y, Brito Neves B.B & Fuck R.A. (1977). Províncias Estruturais Brasileiras. In: Simpósio de Geologia do Nordeste, 8: 1977, Campina Grande. Atas... Campina Grande: SBG, 1977. p. 363-391.

- Bigarella, J. J., Mabesoone, J. M., Lins, J. C. C. and Mota Filho, F. O. (1965). Paleogeographic features of the Serra Grande and Pimenteiras Formations (Parnaíba Basin, Brazil). *Palaeogeogr., Palaeoclimatol., Palaeoecol.*, 1: 259-296.
- Caputo, M. V.; Lima, E.C (1984). Estratigrafia, idade e correlação do grupo Serra Grande, Bacia do Parnaíba. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 23, Rio de Janeiro, Anais... Rio de Janeiro, v. 2, p. 740-753.
- Carvalho, J. A. (2005). Caracterização Macro, Meso e Microscópica das Estruturas Frágeis do Corpo Arenítico Conglomerático da Região de Santana do Acaraú (CE) e seu Embasamento Circundante. Dissertação do Mestrado, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Programa de Pós Graduação em Geodinâmica e Geofísica, Natal.
- Carvalho, M. J. (2003). Estruturação do Grupo Serra Grande na Região de Santana do Acaraú (CE) e a Reativação do Lineamento Sobral Pedro II: Integração com Dados Geofísicos. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Programa de Pós Graduação em Geodinâmica e Geofísica, Natal.
- Cunha, F. (1986). Evolução paleozóica da Bacia do Parnaíba e seu arcabouço tectônico. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.
- Destro, N., Szatmeri P., Ladeira E.A. (1994). Post-Devonian transpressional reactivation of a Proterozoic ductile shear zone in Ceara, NE Brazil. *Journal of Structural Geology*, v. 16, p. 35-45.
- Ekdale, A.A., Bromley, R.G., & Knaust, D. (2012). The ichnofabric concept: In Knaust, D., & Bromley, R.G., Eds., *Trace fossils as indicators of sedimentary environments: Developments in Sedimentology* 64, Elsevier, Amsterdam, p. 139-155.
- Fernandes, A. C. S.; Fonseca, V. M. M.; Ponciano, L. C. M. O. (2012). Icnofósseis da Bacia do Parnaíba: as contribuições de Wilhelm Kegel. *Revista Brasileira de Paleontologia*, v. 15, p. 153-163, 2012.
- Knaust, D. (2012). Methodology and Techniques. In Knaust, D., & Bromley, R.G., Eds., *Trace fossils as indicators of sedimentary environments: Developments in Sedimentology* 64, Elsevier, Amsterdam, pp. 245-271.
- MacEachern, J.A., Pemberton, S.G., Gingras, M.K., and Bann, K.L. (2007). The ichnofacies concept: a fifty-year retrospective, in Miller III, W. (ed.), *Trace Fossils: Concepts, Problems, Prospects*, Elsevier, p. 50-75.
- Netto, R.G. (2001). Icnologia e estratigrafia de seqüências. In: Hélio Jorge Portugal Severiano Ribeiro. (Org.). *Estratigrafia de seqüências - fundamentos e aplicações*. 1ed. São Leopoldo: Editora UNISINOS, p. 219-259.
- Santos, M. E. C. M.; Carvalho, M.S.S. de. (2004). *Paleontologia das bacias do Parnaíba, Grajaú e São Luís: Reconstituições Paleobiológicas*. 2. ed. Rio de Janeiro: CPRM (Serviços Geológicos do Brasil).
- Seilacher, A. (1953). Studien zur Palichnologie I Über die Methoden der Palichnologie und Paläontologie. *Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie, Monatshefte*, 96, 421-452.
- Small H.L. (1914). *Geologia e Supplimento d'água Subterranea no Piauí e Parte do Ceará, Brasil, Inspirado em Obras Contra Seccas*. Rio de Janeiro.
- Viana, M. S. S.; Oliveira, P. V.; Sousa, M. J. G.; Barroso, F. R. G.; Vasconcelos, V. A.; Melo, R. M.; Lima, T. A.; Oliveira, G. C.; Chaves, A. P. P. (2010). Ocorrências Icnofossilíferas Do Grupo

Serra Grande (Siluriano Da Bacia Do
Parnaíba), Noroeste Do Estado Do

Ceará. Revista de Geologia (Fortaleza),
v. 23, p. 77-89.