



SIGEP

Sítios Geológicos e Paleontológicos do Brasil

SIGEP 013

Ícnofósseis da Usina Porto Primavera, SP *Rastros de dinossauros e de mamíferos em rochas do deserto neocretáceo Caiuá*

Luiz Alberto Fernandes¹
Fernando Antonio Sedor²
Rafael Costa da Silva³
Luiz Roberto da Silva⁴
Adalberto Aurélio Azevedo⁵
Alessandra Gonçalves Siqueira⁶

¹ Universidade Federal do Paraná - Depto. de Geologia/Caixa Postal 19.001/CEP 81531-990, Curitiba, Paraná/
e-mail: lufernandes@ufpr.br

² Universidade Federal do Paraná - Museu de Ciências Naturais/e-mail: sedor@ufpr.br

³ Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais/RJ-DEGEO/DIPALE/e-mail: rcsilva@rj.cprm.gov.br

⁴ Companhia Energética de São Paulo – CESP/e-mail: luizroberto.silva@cesp.com.br

⁵ Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo S/A – IPT/e-mail: azevedoa@ipt.br

⁶ Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo S/A – IPT/e-mail: agsique@hotmail.com

© Fernandes,L.A.; Sedor,F.A.; Silva,R.C.; Silva,L.R.; Azevedo,A.A.; Siqueira,A.G. 2008. Ícnofósseis da Usina Porto Primavera, SP - Rastros de dinossauros e de mamíferos em rochas do deserto neocretáceo Caiuá. *In*: Winge,M.; Schobbenhaus,C.; Souza,C.R.G.; Fernandes,A.C.S.; Berbert-Born,M.; Queiroz,E.T.; (*Edit.*) Sítios Geológicos e Paleontológicos do Brasil. Publicado na Internet em 26/09/2008 no endereço <http://www.unb.br/ig/sigep/sitio013/sitio013.pdf> [atualmente <http://www.sigep.cprm.gov.br/sitio013/sitio013.pdf>]

[Ver *fac simile* da versão final do **CAPÍTULO IMPRESSO** em: Winge,M. (Ed.) *et al.* 2009. *Sítios Geológicos e Paleontológicos do Brasil*. Brasília: CPRM, 2009. v. 2. 515 p. il. color.]

Iconofósseis da Usina Porto Primavera, SP

Rastros de dinossauros e de mamíferos em rochas do deserto neocretáceo Caiuá

SIGEP 013

Luiz Alberto Fernandes¹

Fernando Antonio Sedor²

Rafael Costa da Silva³

Luiz Roberto da Silva⁴

Adalberto Aurélio Azevedo⁵

Alessandra Gonçalves Siqueira⁶

O sítio exibe registro de iconofósseis de tetrápodes em arenitos da Formação Rio Paraná (Grupo Caiuá) na região de Pontal do Paranapanema, extremo oeste do estado de São Paulo. Situa-se a jusante da estrutura de concreto da Usina Hidrelétrica de Porto Primavera. Ocorrem em depósitos de estratos frontais de dunas eólicas, em quartzos-arenitos de cor marrom-avermelhado a arroxeado com estratificação cruzada de médio a grande porte. Os iconofósseis encontram-se em intervalo de 6 a 8 metros acima do contato com basaltos, na base da seqüência neocretácea. Encontram-se preservados como epirrelevo côncavo em arenitos, exibindo a típica “meia lua” de areia produzido pelo deslocamento do animal em substrato arenoso e inclinado. A associação faunística é composta por pegadas de dinossauros terópodes e pequenos mamíferos. As pistas dinossauróides são bípedes e apresentam ângulo do passo próximo de 180°, meio-passo com cerca de 13 cm; as pegadas são tridáctilas, mesaxônicas, com garras, e apresentam cerca de 9 cm de comprimento e divergência total de aproximadamente 80°. As pistas mamíferóides são possivelmente quadrúpedes com sobreposição primária total. Apresentam grande variação nas dimensões da passada. As pegadas são elípticas e apresentam cerca de 5 cm de comprimento. Este sítio constitui novo registro de pegadas de tetrápodes para os arenitos do Grupo Caiuá e amplia a área de ocorrência dessa fauna tão pouco conhecida dos ambientes desérticos do Cretáceo brasileiro, indicando que mesmo as regiões mais centrais do Deserto Caiuá eram ocasionalmente freqüentadas por predadores ou habitadas por animais adaptados à aridez.

Palavras-chave: Caiuá, iconofósseis, Cretáceo Superior, Bauru, arenitos, Rio Paraná

Ichnofossils of the Porto Primavera Power Plant, State of São Paulo - Dinosaur and mammal footprints in rocks from the Caiuá neocretaceous desert

The site exhibits records of tetrapodes ichnofossils in sandstones of the Rio Parana Formation (Caiuá Group), Pontal do Paranapanema region, far west of São Paulo state in front of the concrete structure of Porto Primavera hydroelectric plant. The ichnofossils occur in reddish-brown foreset strata of cross-stratified medium to large size aeolian dune deposits, 6 to 8 meters above the basalt contact, on the base of the Upper Cretaceous Sequence. They are preserved in sandstone as concave epirelief that display typical crescent moon shape produced by the displacement of the animal in sandy and tilted substrate. The association is composed of faunistic footprints of tetrapod dinosaurs and small mammals. The tracks are dinosaurs and have biped step angle of around 180° and a half-step with about 13 cm. The footprints are tridactiles, mesaxonics, with claws, and have about 9 cm in length and total divergence of approximately 80°. The mammaloids tracks are possibly quadruped with total primary overlapping and show great variation in the size of the step. The footprints are elliptical and about 5 cm in length. This site constitutes a new record of

tetrapods footprints in the Caiuá Group sandstones and enlarges the area of occurrence of this so little known fauna of the Cretaceous Brazilian desert environments indicating that even the most central regions of the Caiuá Desert were occasionally attended by predators or inhabited by animals adapted to aridity.

Keywords: *Caiuá, ichnofossils, Upper Cretaceous, Bauru, sandstones, Rio Paraná*

INTRODUÇÃO

Durante a Era Mesozóica, a instalação de ambientes desérticos ocorreu diversas vezes em território brasileiro. Possivelmente o registro geológico mais conspicuo deste tipo de sistema deposicional consiste nos arenitos formados em extensos campos de dunas pela ação do vento, conforme pode ser observado, por exemplo, na extensa formação Botucatu (reservatório aquífero Guarani), Bacia do Paraná e na Formação Rio Paraná (Cretáceo Superior, Bacia Bauru). Geralmente, ambientes desérticos como campos de dunas não são

favoráveis à preservação de restos orgânicos ou esqueléticos, sendo mais comuns os icnofósseis, ou registros da atividade dos organismos que ali viviam, que constituem assim uma valiosa fonte de informação para o estudo paleontológico desses ambientes. Nesses ambientes, os icnitos mais freqüentes são pegadas e pistas fósseis produzidas por vertebrados, além de pistas e galerias de invertebrados.

A única ocorrência de fósseis para a Formação Rio Paraná até o momento consiste em pegadas atribuídas a dinossauros Theropoda e pequenos mamíferos registradas no estado do Paraná no então chamado “arenito Caiuá” (Leonardi, 1977). No entanto, os autores não encontraram o material em levantamentos realizados na coleção paleontológica do Departamento de Geologia da Universidade Federal do Paraná, onde este material foi depositado. Além disso, segundo Leonardi (2005, comunicação pessoal),

não é possível ter certeza se o material descrito realmente procede do arenito Caiuá ou da Formação Botucatu. Assim, a ocorrência paranaense deve ser vista como incerta até que novas evidências permitam um novo estudo.

Novos icnofósseis de vertebrados (Fig. 1) foram seguramente registrados em rochas na Formação Rio Paraná no sítio aqui descrito (Fernandes *et al.*, 2003), fornecendo dados sobre a paleofauna desta unidade geológica e sobre condições deposicionais do início do desenvolvimento dos campos de dunas neocretáceas do “Deserto Caiuá”. O material icnológico foi estudado *in loco* em março de 2004. Não foram coletadas amostras para preservação do sítio. Entretanto, foram feitos moldes de borracha de silicone dos exemplares mais significativos, para posteriores confecção de réplicas e estudos em laboratório.



Figura 1 Vista geral do local de ocorrência dos icnofósseis, margem esquerda, jusante da UHE Porto Primavera.
Figure 1: General view of the site of ichnofossil occurrences, left side, downstream of Porto Primavera Hydroelectric Plant.

LOCALIZAÇÃO

O sítio localiza-se no município de Rosana, oeste do estado de São Paulo na região conhecida como “Pontal do Paranapanema”, nos limites da Usina Hidrelétrica de Porto Primavera, imediatamente a

jusante da ombreira da barragem, na margem esquerda do rio Paraná (Fig. 2), coordenadas 52° 57' 28,7”W/22° 28' 57,3”S.

Os icnofósseis encontram-se expostos em lajes de arenito, com cerca de 1.600 m² e a área onde ocorrem as pegadas tem 800 m².

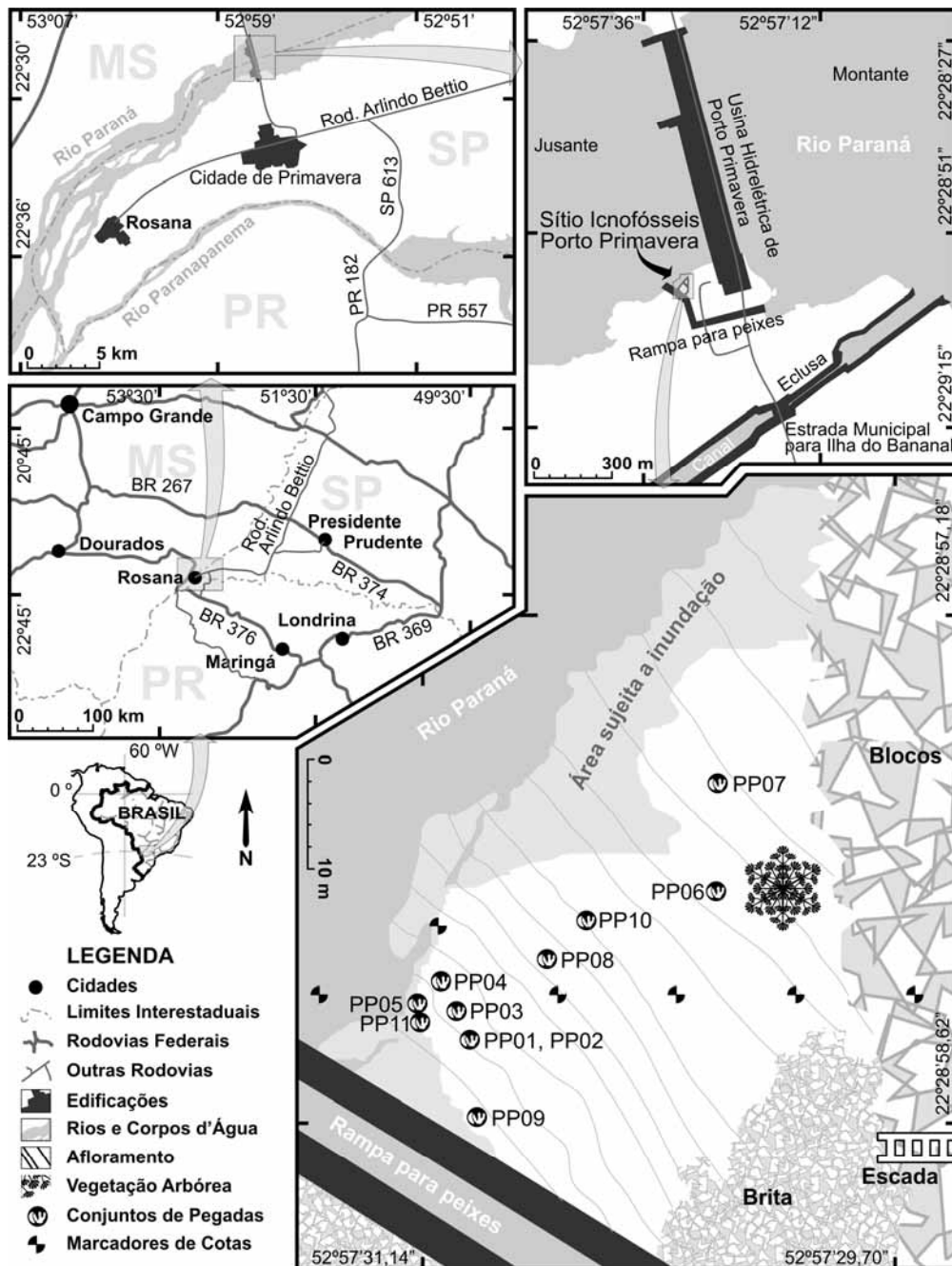


Figura 2: Mapas de localização regional e de detalhe, com posição dos icnofósseis de Porto Primavera.
Figure 2: Regional and detail location maps, with the position of Porto Primavera ichnofossils.

DESCRIÇÃO DO SÍTIO

Contexto geológico

A Bacia Bauru (Cretáceo Superior) foi criada sobre a parte centro-sul da Plataforma Sul-Americana, após o rompimento do Gondwana e abertura do Oceano Atlântico (Fernandes & Coimbra 1995, 1996). Formou-se por subsidência em resposta ao acúmulo de quase 2.000 m de derrames basálticos da Formação Serra Geral, ocorridos no Cretáceo Inferior. Entre o Coniaciano e o Maastrichtiano a bacia foi preenchida por uma seqüência siliciclástica essencialmente

arenosa, que hoje se estende em área de 370.000 km², por São Paulo, Paraná, Minas Gerais, Mato Grosso do Sul, Goiás, Mato Grosso, nordeste do Paraguai (Fig. 2). A seqüência tem espessura máxima da ordem de 300 m. Em termos litoestratigráficos, a seqüência suprabasáltica neocretácea é formada pelos grupos penecontemporâneos Caiuá e Bauru. O primeiro compreende as formações Rio Paraná, Goio Erê e Santo Anastácio. O segundo é composto pelas formações Uberaba, Vale do Rio do Peixe, Araçatuba, São José do Rio Preto, Presidente Prudente e Marília, além de rochas vulcânicas alcalinas intercaladas, os Analcimitos Taiúva (Fig. 3).

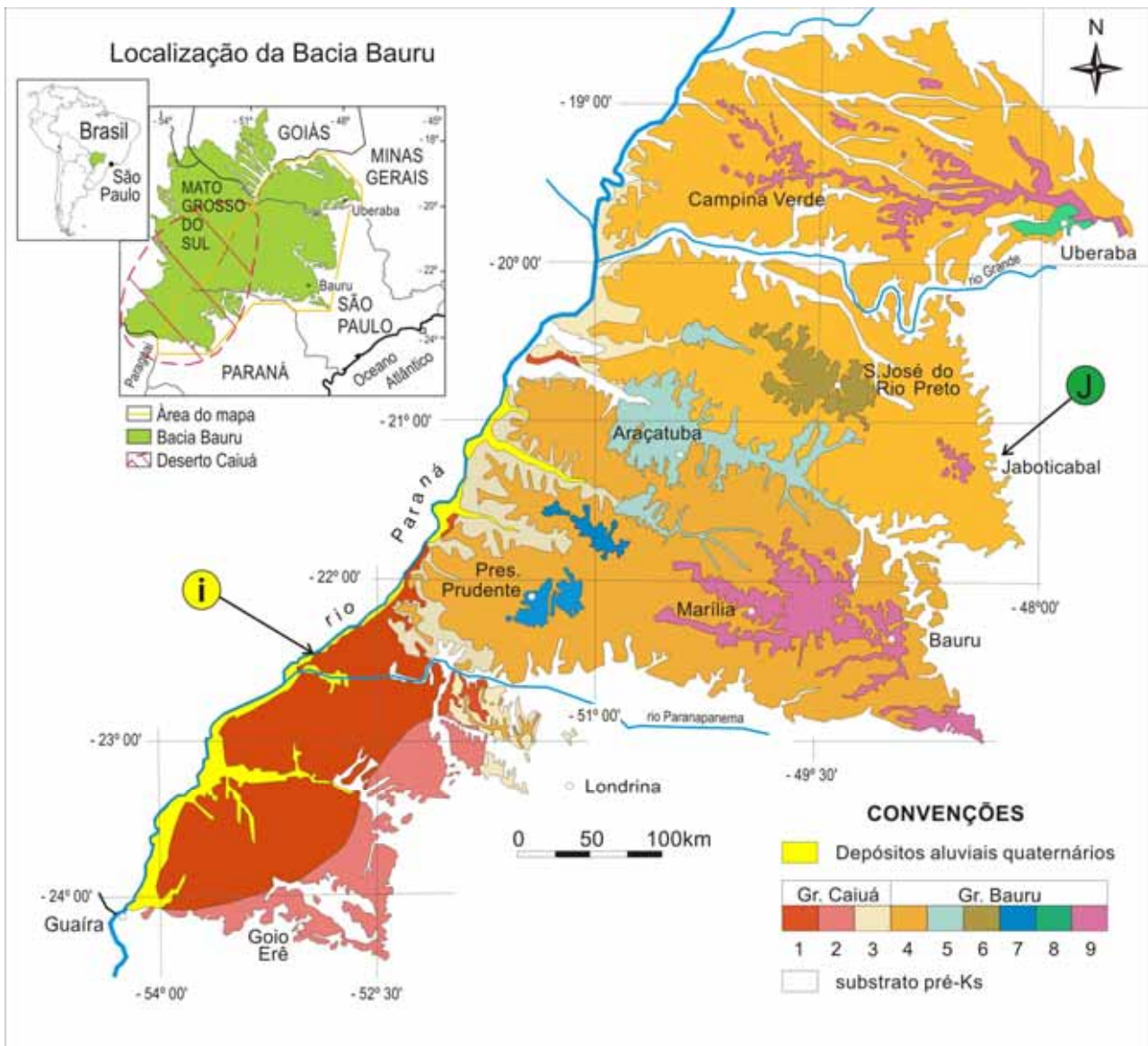


Figura 3. Mapa geológico da parte oriental da Bacia Bauru.
Figure 3. Geological map of the Bauru Basin eastern part.

Na porção sudeste da Bacia Bauru desenvolveu-se extenso deserto arenoso (*sand sea*), com cerca de 100.000 km² e clima dominante quente e seco, denominado *Caiuá* (Fernandes & Coimbra 2000, Fernandes 2008, Fig. 4). Ali se acumularam: a) depósitos de lençóis de areia secos, correspondentes à Formação Santo Anastácio; b) depósitos de dunas médio porte e interdunas úmidas nas zonas periféricas do *sand sea* (Formação Goio Erê); e c) depósitos de complexos de grandes dunas eólicas e *draas*, correspondentes à parte central do *sand sea* (Formação Rio Paraná). Essas formações compõem o Grupo Caiuá.

A Formação Rio Paraná é composta por quartzarenitos finos a médios, bem selecionados, textural e mineralogicamente maduros, de cor marrom-avermelhado (*red beds*, Figs. 5, 6b, 6c e 6d), com típica estratificação tabular/acanalada de grande porte (*sets* com até 15 m de altura). Corresponde a depósitos de

grandes complexos de dunas barcanóides (*draas*) acumulados por ventos para SW.

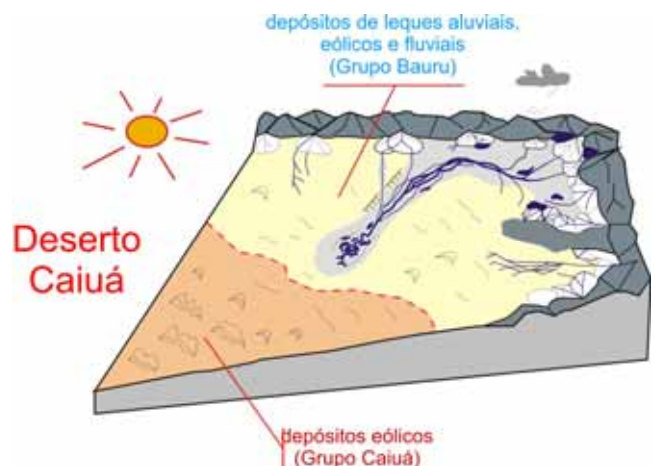


Figura 4. Contexto deposicional da parte oriental da Bacia Bauru.
Figure 4. Depositional setting of the Bauru Basin eastern part.

Formação Rio Paraná Grupo Caiuá

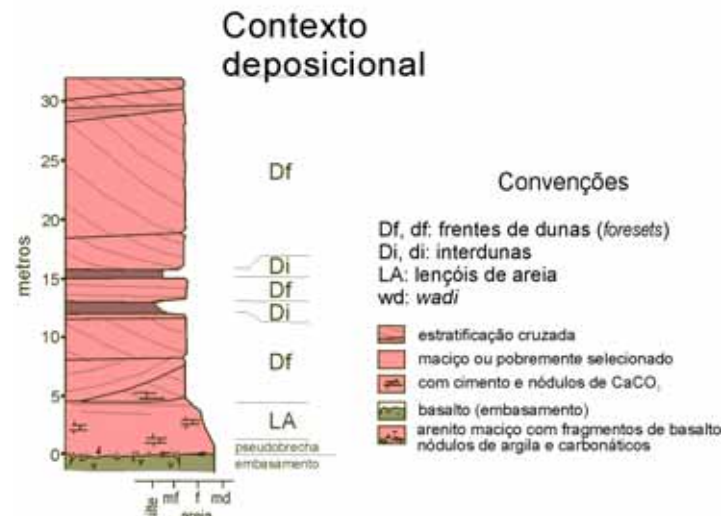


Figura 5: Seção-tipo da Formação Rio Paraná, U.H.E. Porto Primavera, Pontal do Paranapanema (São Paulo).
Figure 5: Rio Paraná Formation type-section, Porto Primavera Hydroelectric Plant, Pontal do Paranapanema (São Paulo State

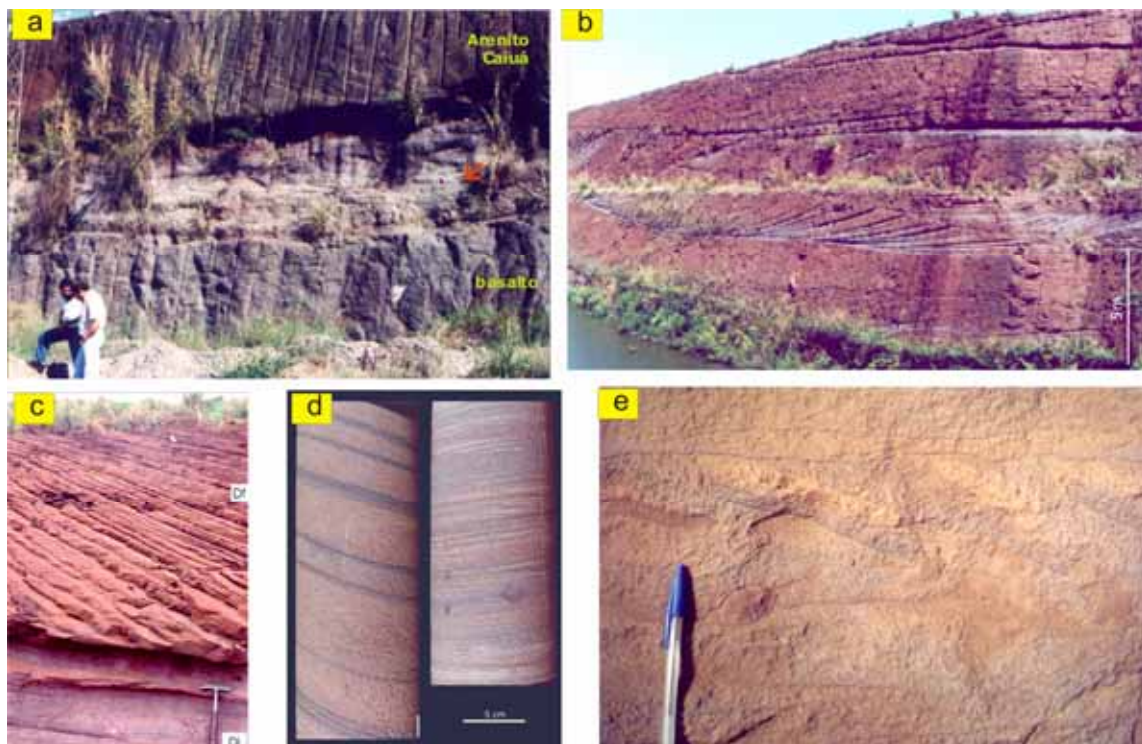


Figura 6: a) contato inferior da Formação Rio Paraná/Grupo Caiuá com basalto. Na base da unidade, abaixo dos arenitos com estratificação cruzada ocorre brecha arenosa imatura, maciça, com clastos angulosos de basalto, nódulos de argila e cimento carbonático. Ombreira esquerda da UHE Porto Primavera, próximo da ocorrência dos icnofósseis (foto da época da construção da barragem); b) Vista geral de arenitos com estratificação cruzada de grande porte, de depósitos frontais de dunas, da parte central do *deserto Caiuá*, Formação Rio Paraná; c) Detalhe da Formação Rio Paraná, com depósitos de partes frontais de grandes dunas (litofácies Df) e de interdunas (Di), UHE Porto Primavera, SP; d) Formação Rio Paraná, laminação característica de arenitos eólicos (testemunhos de sondagens da construção da UHE Porto Primavera); e) fragmentos rotacionados de brechas intraformacionais de gravidade (deslizamentos de partes frontais de dunas), indicativos de umidade no ambiente desértico, Formação Rio Paraná.

Figure 6: a) basal contact of the Rio Paraná Formation/Caiuá Group with basaltic substrat. On the base of the unity, below the cross-stratified sandstone it can see a sandy immature breccia, massive, with angular clasts of basalt, clay nodules and carbonatic cement. Site: Left dam part of the

Porto Primavera Hydroelectric Plant, near the ichnofossils occurrences (image from the time of construction of the dam) b) Overview of sandstones with large cross-stratification of deposits front of dunes, the central part of the Desert Caiuá, Rio Paraná Formation c) Detail of the Rio Paraná Formation, with deposits of fronts of large dunes (litofacies Di) and interdunes (Di), Porto Primavera Hydroelectric Plant, São Paulo State d) Rio Paraná Formation, cross-bedded sandstone, characteristic of aeolian processes (core holes of the Porto Primavera Hydroelectric Plant construction); e) rotated fragments of intratransformal gravity breccia (of landslides on dune foresets), indicative of moisture in the desert environment. Rio Paraná Formation.

Paleoicnologia

Os icnofósseis encontram-se cerca de 6 a 8 m acima do contato dos arenitos com o substrato basáltico, situando-se assim na base da seqüência neocretácea (Fig. 7). Ocorrem em lajes de arenito originalmente depositados como partes frontais de grandes dunas. Os icnofósseis descritos dispõem-se numa superfície contínua e foram agrupados em conjuntos, numerados como PP01 a PP11 (PP = Porto Primavera, Fig. 2). Foram registrados icnitos produzidos por invertebrados assim como pegadas e pistas de tetrápodes. Os icnofósseis de vertebrados podem ser agrupados em quatro morfotipos. O primeiro deles, presente nos conjuntos PP01, PP02 e PP03, consiste em pegadas tridáctilas, digitígradas e mesaxônicas, com dígitos terminados em extremidades agudas, medindo entre 3 e 8 cm de comprimento, sem um padrão característico das pistas, embora algumas seqüências de pegadas orientadas na mesma direção indiquem bipedismo; algumas destas pegadas ocorrem como impressões arredondadas. O segundo morfotipo, presente nos conjuntos PP04 e PP07, consiste em pegadas tridáctilas, digitígradas e mesaxônicas medindo entre 7 e 12 cm de comprimento, formando pistas de andadura bípede e irregular; os dígitos são terminados em extremidades agudas e ocorrem almofadas falangeais; o passo varia entre 21 e 35 cm. O terceiro morfotipo, presente no conjunto PP06, corresponde a uma pista quadrúpede com andadura ricochete e pegadas arredondadas, sendo as mãos anteriores aos pés, sem ultrapassagem. A maioria das pegadas estudadas encontra-se associada a marcas em forma de meia-lua de areia, resultantes do deslocamento dos animais produtores em uma superfície inclinada. O quarto morfotipo, presente nos conjuntos PP08 e PP10, corresponde a pegadas de grande porte com formato circular medindo cerca de 24 cm de diâmetro; não ocorrem características morfológicas dos autopódios dos animais produtores.

As pegadas do primeiro morfotipo podem ser atribuídas, com base nas características morfológicas (e.g. Lockley, 1991), a pequenos dinossauros Theropoda. Da mesma forma, os icnitos dos conjuntos PP04 e PP07, segundo morfotipo, correspondem a pegadas de dinossauros Theropoda de porte pequeno a médio, bípede e com postura ereta. Pegadas de Theropoda são freqüentemente as mais comuns e abundantes em ambientes desérticos

do Mesozóico (Leonardi, 1991; Lockley & Conrad, 1991; Carvalho & Kattah, 1998). As pegadas do terceiro morfotipo assemelham-se a exemplares de *Ameghinicus patagonicus* com andadura ricochete, descritos por Casamiquela (1964) para a Formação La Matilde, Jurássico Superior da Argentina. Pistas com esse tipo de andadura foram descritas também para a Formação Botucatu, correspondendo a uma variação de *Brasilichnium elusivum* (e.g. Fernandes, 2005) e são típicas de pequenos mamíferos, o que permite atribuir as pegadas do conjunto PP06 a este grupo. As pegadas do quarto morfotipo poderiam, a princípio, ser relacionadas à Sauropoda devido ao formato arredondado, mas cabe salientar que a ocorrência de dinossauros saurópodes em ambientes desérticos de deposição eólica seria pouco provável devido à escassez de alimentos (e.g. Fernandes, 2005). Por outro lado, pegadas de dinossauros Ornithopoda, com preservação em ambiente semelhante, ocorrem na Formação Botucatu, apresentando formato arredondado e diâmetros de até 34 cm. Assim, estas pegadas poderiam ser tentativamente atribuídas aos dinossauros herbívoros Ornithopoda. Os icnofósseis de invertebrados, presentes nos conjuntos PP05 e PP09, correspondem a escavações endostratais horizontais e meniscadas identificadas como *Taenidium* isp., icnogênero freqüentemente atribuído a pequenos artrópodes e comum em ambientes de deposição eólica do Mesozóico. Pegadas de tetrápodes de ambientes desérticos ocorrem também, no Brasil, na Formação Botucatu (Cretáceo Inferior, Bacia do Paraná), no Grupo Areado (Jurássico Superior-Cretáceo Inferior, Bacia Sanfranciscana) e na Formação Corda (Jurássico, Bacia do Parnaíba).

Considerações paleoambientais

Algumas evidências paleontológicas encontradas no sítio estudado sugerem a presença de certa quantidade de umidade na ocasião da produção dos registros. Pegadas produzidas em areia seca, quando preservadas, apresentam forma arredondada sem distinção dos dígitos ou outras estruturas morfológicas (e.g. Brand, 1979, 1996; McKeever, 1994; Fernandes, 2005). A preservação de dígitos tal como encontrada em diversas das pegadas estudadas, inclusive com impressões de almofadas falangeais e garras, ocorre em areia úmida (Reynolds, 1991; Lockley, 1991; Brand, 1996).

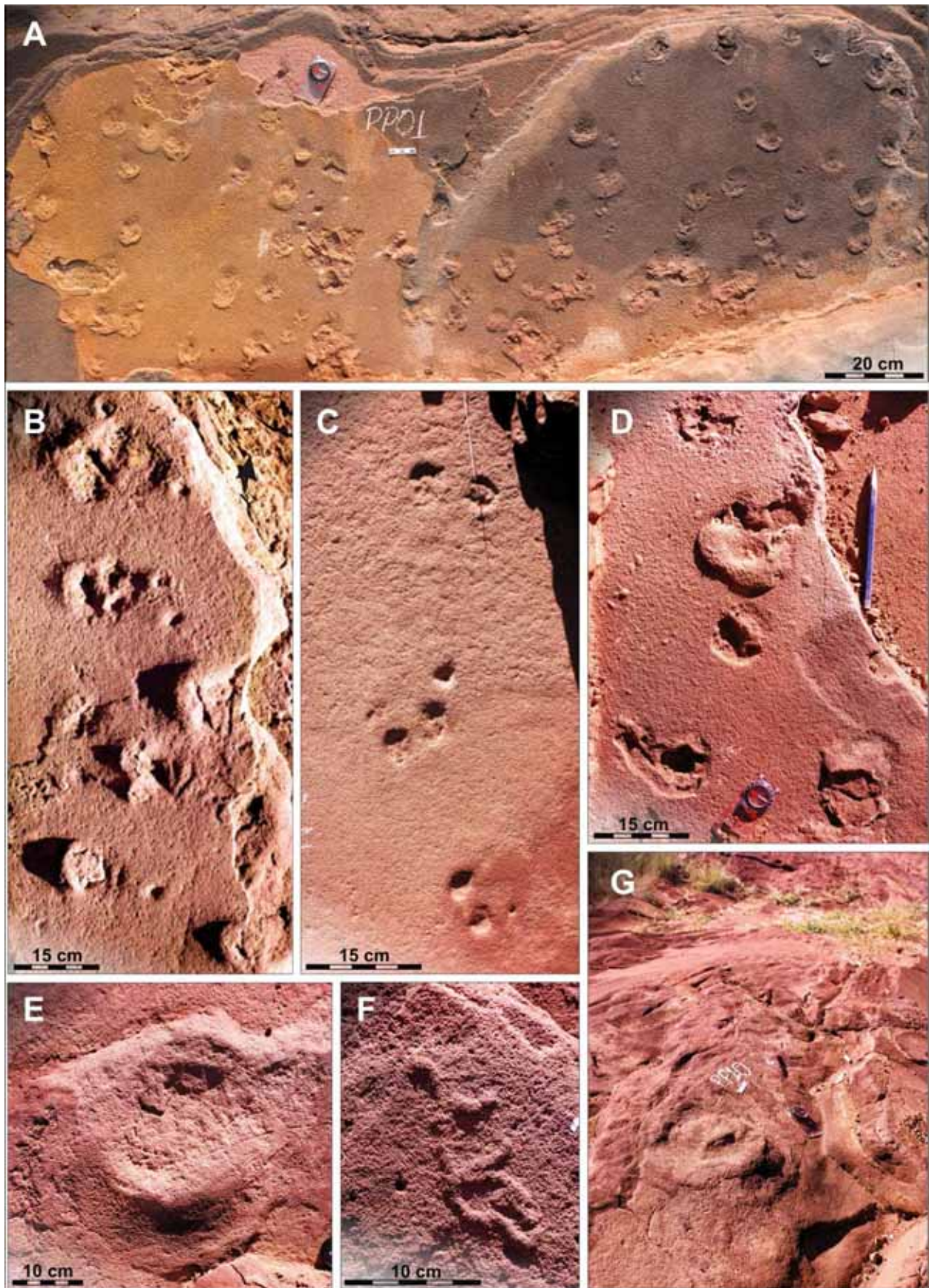


Figura 7: Icnofósseis em depósitos frontais de dunas, arenitos da Formação Rio Paraná. UHE Porto Primavera, SP.
Figure 7: Ichnofossils on forests dune deposits, Rio Paraná Formation sandstones, Paraná River. Porto Primavera Hydroelectric Plant, Brazil.

Segundo Fernandes (2005), as ocorrências de pegadas em arenitos eólicos da Formação Botucatu geralmente não correspondem à superfície original onde as marcas foram produzidas, constituindo “subpegadas” geradas pelo afundamento do autopódio do animal produtor no substrato com a formação de impressões em camadas subsuperficiais. Este tipo de preservação seria o mais freqüente em ambientes de deposição eólica visto que as camadas mais superficiais são mais secas, diminuindo as chances de preservação de estruturas reconhecíveis, e mais facilmente modificadas. Sendo assim, os intervalos com areia úmida provavelmente estariam situados poucos centímetros abaixo da superfície do substrato, tendo sido impressionados pelo animal produtor após o afundamento dos autopódios e imediatamente soterrados pela areia seca. Além disso, pistas superficiais de pequenos artrópodes apenas seriam preservadas em areia seca, visto que sua pequena massa corporal não seria suficiente para quebrar a tensão superficial do sedimento úmido e assim deixar marcas passíveis de preservação (Fernandes, 2005). Dessa forma, a ausência de pistas desse tipo no afloramento estudado seria outra evidência de umidade no ambiente de formação destes depósitos.

Algumas vezes encontram-se brechas intraformacionais de colapso em depósitos de frentes de dunas (*foresets*, Fig. 6e). São feições de deformação por escorregamento preservadas entre estratos indeformados com laminação eólica. Tais estruturas indicam a existência de umidade no ambiente, talvez noturna (sereno) que possibilitou a agregação da areia em crostas superficiais frágeis, fragmentadas e rotacionadas na forma de tablets no deslizamento.

A ocorrência de pegadas preservadas com detalhes morfológicos, produzidas em sedimento úmido pode ser explicada pela presença de nível freático alto em determinados eventos de deposição. As flutuações no nível freático teriam como resultado a preservação de pegadas com detalhes e outras apenas com forma arredondada, produzidas em sedimento seco (Reynolds, 1991; Lockley, 1991; Carvalho & Kattah, 1998). Alguns dos exemplares estudados, presentes nos conjuntos PP01, PP02, PP03 e PP06, correspondem a depressões erosivas sem marcas em forma de meia-lua ou estruturas de deformação aparentes. Uma possível explicação é que a formação das pegadas poderia gerar uma diferença na compactação e arranjo tridimensional dos grãos em relação à rocha circundante, ocasionando uma diagênese diferencial, possivelmente com menor cimentação, e tornando essa região mais suscetível à erosão. Dessa forma, as depressões erosivas não correspondem às pegadas originais, mas marcam a posição onde elas foram produzidas.

SINOPSE SOBRE A ORIGEM, EVOLUÇÃO GEOLÓGICA E IMPORTÂNCIA DO SÍTIO

Os arenitos do Grupo Caiuá acumularam-se na forma de complexos de grandes dunas, na parte central de um extenso deserto arenoso, no interior da Bacia Bauru (Fernandes & Coimbra, 2000; Fig. 4). Tal bacia desenvolveu-se em clima quente, úmido nas bordas, mais desértico no interior, durante o período Cretáceo Superior, aproximadamente entre 99,6 a 65,6 milhões de anos atrás.

As lages inclinadas de arenito onde hoje encontramos os registros de pegadas correspondem a estratos tabulares frontais de grandes dunas de areia, formados durante seu avanço, movidas por ventos rumo a sul e sudoeste (Fernandes 2008). As marcas estão impressas em arenito marrom-avermelhado a arroxeadado, com típica estratificação cruzada de médio porte (Fig. 1).

Em geral, ambientes áridos não são favoráveis ao desenvolvimento e preservação pós-morte de elementos faunísticos ou florísticos. A areia seca, por sua incoerência natural dificilmente forma bons moldes. Por sua vez, o ambiente altamente oxidante não preserva a matéria orgânica mole (carne, tecidos, partes vegetais). Acrescente-se ainda o fato de que a escassez de água constitui importante fator limitante, dificultando a existência de vida de maior porte, tanto animal, quanto vegetal. Nestas condições ambientais os icnofósseis tornam-se então valiosa fonte de informação para estudos paleontológicos e paleoambientais.

Há pouquíssimas referências sobre fósseis em rochas do Grupo Caiuá. As únicas ocorrências conhecidas na Formação Rio Paraná são pegadas produzidas por dinossauros terópodes e pequenos mamíferos primitivos registradas no estado do Paraná (Leonardi, 1977). O sítio ora apresentado constitui nova ocorrência de icnofósseis nestes arenitos, encontrados na região do Pontal do Paranapanema (São Paulo), a jusante da estrutura de concreto da Usina Hidrelétrica Porto Primavera (Fig. 2). A ocorrência situa-se na área central do antigo deserto *Caiuá*.

O sítio descrito constitui novo e importante registro de pegadas de tetrápodes em arenitos do Grupo Caiuá. Situa-se em antigos depósitos de ambientes desérticos, onde é mais difícil preservação de registros de vida, naturalmente mais escassos. Tais icnofósseis ampliam assim a área de ocorrência da fauna tão pouco conhecida dos ambientes desérticos do Cretáceo brasileiro e sul americano.

Outra consequência interessante do ponto de vista paleoambiental e evolutivo da bacia é a indicação de que mesmo as regiões mais centrais do *Deserto Caiuá* foram relativamente úmidas e ocasionalmente

freqüentadas por predadores e/ou habitadas por animais adaptados à aridez.

MEDIDAS DE PROTEÇÃO

A vulnerabilidade do sítio é alta. Quando o arenito é submetido a ciclos de saturação e secagem apresenta alteração rápida e deslocamento. O local é submetido a dois tipos de processos de *ciclagem* (alteração): o natural, causado pelas chuvas e o induzido pela variação do rio devido à operação da barragem. Ademais, é sujeito a outro tipo de desgaste por atividades antrópicas devido ao pisoteio sobre os iconofósseis.

O sítio apresentaria condições de relativa manutenção dos fósseis ao ar livre, desde que observadas medidas de conservação, tais como: 1) construção de mureta de proteção à variação no nível da água do lago, para evitar a *ciclagem* do arenito; 2) cobertura das áreas principais com vidro; 3) restrição ao acesso de pessoas não autorizadas o que é viável, posto que o sítio localiza-se em área interna da usina; 4) limitação do número diário de visitantes, com monitoramento sob responsabilidade da empresa, posto que o pisoteio danifica os fósseis; 5) monitoramento periódico do estado de conservação e desgaste, e se necessário, manutenção com controle de especialista, tal como impregnar os fósseis ou preencher rachaduras; 6) caso se suspeite de risco para a integridade dos fósseis, deve-se providenciar coleta e depósito do material em coleção científica. Por fim recomenda-se permitir acesso de visitantes com acompanhamento de pessoal capacitado em *turismo paleontológico/geológico*, assim como de pesquisadores, com coleta e/ou confecção de moldes apenas quando autorizados por órgãos ou instituições competentes.

A CESP demonstrou intenção de proteger e até promover o local como de interesse para divulgação científica. São marcas raras e, portanto, muito preciosas do ponto de vista científico. Todavia, não foi tomada nenhuma medida efetiva desde a visita de identificação e estudo do sítio. Tampouco temos conhecimento de plano de manejo ou de proteção da área por parte da empresa. Na oportunidade da visita a equipe se ofereceu para discutir medidas de proteção e exposição controlada de visitantes. Ofereceu-se também para auxiliar na elaboração de painéis, textos e outros meios de divulgação científica, como colaboração das instituições envolvidas.

A empresa tem condições de implementar rapidamente medidas efetivas de proteção, compromisso manifestado em declaração anexada à proposta de cadastro na SIGEP. Caso contrário, se sugere que os iconofósseis sejam coletados e removidos da área para um museu.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao engenheiro Isaac Amaral Alves, Gerente de Obras de Porto Primavera, e à geóloga Silvia Kitahara, Gerente da Divisão Civil, ambos da Companhia Energética de São Paulo – CESP, pelo pronto apoio oferecido durante as pesquisas e relações institucionais necessárias.

REFERÊNCIAS

- Brand, L.R. 1979. Field and laboratory studies on the coconino sandstone (Permian) vertebrate footprints and their paleoecological implications. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, **28**, 25-38.
- Brand, L.R. 1996. Variations in salamander trackways resulting from substrate differences. *Journal of Paleontology*, **70**:1004-1010.
- Carvalho, I.S. & Kattah, S.S. 1998. As pegadas fósseis da Bacia Sanfranciscana (Jurássico Superior-Cretáceo Inferior, Minas Gerais). *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, **70**(1):53-67.
- Casamiquela, R.M. 1964. *Estudios Icnológicos*. Buenos Aires: Colegio Industrial Pio IX, 229 p.
- Fernandes, L.A.; Costa, R.; Sedor, F.A.; Silva, L.R.; Azevedo, A.A., Siqueira, A.G. 2003. Uma nova icnocenose neocretácea no interior do Deserto Caiuá (Formação Rio Paraná, Bacia Bauru) *11^a XVIII Congresso Brasileiro de Paleontologia*, Brasília, Sociedade Brasileira de Paleontologia, *Boletim de Resumos*, p.124–125.
- Fernandes, M.A. 2005. Paleocnologia em ambientes desérticos: análise da icnocenose de vertebrados da pedreira São Bento (Formação Botucatu, Jurássico Superior – Cretáceo Inferior, Bacia do Paraná), Araraquara, SP, Rio de Janeiro, Instituto de Geociências da Universidade Federal do Rio de Janeiro. (*Tese de Doutorado*). 198 p.
- Fernandes, L.A. 2008. Palaeowind patterns during the Late Cretaceous on South-American Platform: evidence from aeolian deposits cross-strata of the Caiuá Desert (Bauru Basin). 33rd International Geological Congress, IUGS, Oslo. CD-ROM.
- Fernandes, L.A. & Coimbra, A.M. 1995. Estratigrafia y ambientes deposicionales de la Cuenca Bauru (Cretáceo Superior, Brasil). *Acta Geológica Hispánica*, **30**(4):11-30.
- Fernandes, L.A. & Coimbra, A.M. 1996. A Bacia Bauru (Cretáceo Superior, Brasil). *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, **68**(2):195-205.
- Fernandes, L.A. & Coimbra, A.M. 2000. The Late Cretaceous Caiuá Desert (Bauru Basin, Brazil). Abstracts. 31th. International Geological Congress. Rio de Janeiro, Brazil. cd-rom, General Symposia, 3.6.
- Leonardi, G. 1977. On a new occurrence of Tetrapod trackways in the Botucatu Formation in the State

of São Paulo, Brazil. *Dusenya*, Curitiba, **10**(3):181-183.

Lockley, M.G. 1991. *Tracking Dinosaurs*. Cambridge University Press, Cambridge, 238 p.

Lockley, M.G. & Conrad, K. 1991. The paleoenvironmental context, preservation and paleoecological significance of dinosaur tracksites in the Western USA. In: Gillette, D.D. e Lockley, M.G. (eds.). *Dinosaur Tracks and Traces*. Cambridge University Press, Cambridge, p. 121-134.

McKeever, P.J. 1994. The behavioral and biostratigraphical significance and origin of vertebrate trackways from the Permian of Scotland., *Palaios*, **9**(5), 477-487.

Reynolds, R.E. 1991. Dinosaur trackways in the Lower Jurassic Aztec Sandstone of California. In: Gillette, D.D. e Lockley, M.G. (eds.). *Dinosaur Tracks and Traces*. Cambridge University Press, Cambridge, p. 285-292.

¹ Universidade Federal do Paraná - Depto. de Geologia/Caixa Postal 19.001/CEP 81531-990, Curitiba, Paraná/e-mail: lufernandes@ufpr.br

² Universidade Federal do Paraná - Museu de Ciências Naturais/e-mail: sedor@ufpr.br

³ Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais/RJ-DEGEO/DIPALE/e-mail: rcsilva@rj.cprm.gov.br

⁴ Companhia Energética de São Paulo – CESP/e-mail: luzroberto.silva@cesp.com.br

⁵ Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo S/A – IPT/e-mail: azevedoa@ipt.br

⁶ Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo S/A – IPT/e-mail: agsique@hotmail.com

AUTORES



Luiz Alberto Fernandes possui graduação em Geologia (1977), mestrado (1992) e doutorado (1998) em Ciências - Geologia Sedimentar, pelo Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo. Pós-doutorado (2008) na *Universidad Complutense de Madrid*.

Atualmente é professor Associado I da Universidade Federal do Paraná. Entre 1978 e 1980 atuou em contaminação de águas subterrâneas na Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (CETESB/SP). De 1980 a 1998 foi pesquisador do Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo (IPT). Desde então é professor do Departamento de Geologia da UFPR. Sua experiência tem ênfase em Geologia Sedimentar e Análise de Bacias Sedimentares (Petrologia Sedimentar, Estratigrafia; bacias Bauru, do Paraná e de Curitiba); educação tutorial; divulgação científica. É bolsista de Produtividade em Pesquisa do CNPq - Nível 2.



Fernando Antonio Sedor possui graduação em Ciências Biológicas pela Universidade Federal do Paraná (1987) e mestrado em Geociências pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (1994). Atualmente é doutorando da UFRGS, sem vínculo institucional. Tem experiência na área de Geociências e Paleontologia de Vertebrados, com ênfase em Icnologia.



Rafael Costa da Silva possui graduação em Ciências Biológicas pela Universidade Federal do Paraná (2001), mestrado em Ciências Biológicas (Zoologia) pelo Museu Nacional, Universidade Federal do Rio de Janeiro (2004) e doutorado pelo Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro (2008). Tem experiência nas áreas de Paleontologia e Zoologia, atuando principalmente em Paleozoologia e Icnologia de Vertebrados e Invertebrados.



Luiz Roberto da Silva é graduado em Engenharia Civil (1981), pela Escola de Engenharia de Lins. De 1982 a 1988, atuou como engenheiro autônomo, funcionário público, proprietário de escritório de engenharia e construtora, em atividades relacionadas a projetos, construções e fiscalização de obras civis na cidade de Assis-SP. Desde 1988 é contratado pela CESP, Companhia Energética de São Paulo, tendo atuado em diversas áreas relacionadas à engenharia civil nas usinas hidrelétricas de Porto Primavera, Rosana e Taquarussu. De 2003 a 2005 gerenciou parte da construção de 2 edifícios da CESP na Av. Paulista em São Paulo. Desde 2006 trabalha como engenheiro de manutenção civil nas usinas e instalações de geração de energia elétrica da CESP.



Adalberto Aurélio Azevedo é graduado em Geologia pela Universidade de São Paulo (1975), mestrado em Geotecnia pela Universidade de São Paulo (1993) e doutorado em Geociências (Recursos Minerais e Hidrogeologia) pela Universidade de São Paulo (2002). Atualmente é pesquisador V do Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo. Tem experiência na área de Geociências, com ênfase em Geologia de Engenharia, atuando principalmente nos

seguintes temas: barragem, hidrogeotecnia, áreas cársticas e mecânica das rochas.



Alessandra Gonçalves Siqueira

possui graduação em Geologia pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho - UNESP (1997) e mestrado em Geotecnia pela Escola de Engenharia de São Carlos - EESC/USP (2001).

Atualmente é assistente de pesquisa do Instituto de Pesquisas

Tecnológicas do Estado de São Paulo - IPT. Tem experiência na área de Geociências, com ênfase em Geotecnia Ambiental, atuando principalmente nos seguintes temas: monitoramento de erosão de encostas em reservatórios, monitoramento de erosão à jusante de barragens e estudos de bacias hidrográficas.