



UNIVERSIDADE FEDERAL DO TOCANTINS

CAMPUS DE PORTO NACIONAL

Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade, Ecologia e Conservação

RAYLON DA FROTA LOPES

**GEOCONSERVAÇÃO DO PATRIMÔNIO PALEONTOLÓGICO DO
GEOSÍTIO DE PEGADAS DE DINOSSAUROS (SAUROPODA) NA
LOCALIDADE DE SÃO DOMINGOS, MUNICÍPIO DE ITAGUATINS,
ESTADO DO TOCANTINS**

PORTO NACIONAL - TOCANTINS

JANEIRO/2019

RAYLON DA FROTA LOPES

GEOCONSERVAÇÃO DO PATRIMÔNIO PALEONTOLÓGICO DO GEOSSÍTIO
DE PEGADAS DE DINOSSAUROS (SAUROPODA) NA LOCALIDADE DE SÃO
DOMINGOS, MUNICÍPIO DE ITAGUATINS, ESTADO DO TOCANTINS

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade, Ecologia e Conservação, da Universidade Federal do Tocantins, como parte dos requisitos para obtenção do título de mestre em Biodiversidade, Ecologia e Conservação.

Orientador: Dr. Carlos Roberto dos Anjos Candeiro

Coorientadora: Dr^a. Silvina de Valais

PORTO NACIONAL - TOCANTINS

JANEIRO/2019

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal do Tocantins

L864g Lopes, Raylon da Frota .
 Geoconservação do Patrimônio Paleontológico do Geossítio de Pegadas de Dinossauros (Sauropoda) na Localidade de São Domingos, Município de Itaguatins, Estado Do Tocantins. / Raylon da Frota Lopes. – Porto Nacional, TO, 2019.
 29 f.

 Dissertação (Mestrado Acadêmico) - Universidade Federal do Tocantins – Câmpus Universitário de Porto Nacional - Curso de Pós-Graduação (Mestrado) em Biologia, Ecologia e Conservação, 2019.

 Orientador: Carlos Roberto dos Anjos Candeiro

 Coorientadora : Silvína De Valais

 1. Pegadas de dinossauros. 2. Geoconservação. 3. Patrimônio Paleontológico. 4. Icnofóssil. I. Título

CDD 577

TODOS OS DIREITOS RESERVADOS – A reprodução total ou parcial, de qualquer forma ou por qualquer meio deste documento é autorizado desde que citada a fonte. A violação dos direitos do autor (Lei nº 9.610/98) é crime estabelecido pelo artigo 184 do Código Penal.

Elaborado pelo sistema de geração automática de ficha catalográfica da UFT com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

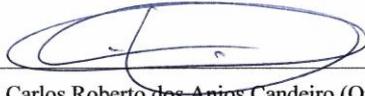
Raylon da Frota Lopes

GEOCONSERVAÇÃO DO PATRIMÔNIO PALEONTOLÓGICO DO GEOSÍTIO DE PEGADAS DE DINOSSAUROS (SAUROPODA) NA LOCALIDADE DE SÃO DOMINGOS, MUNICÍPIO DE ITAGUATINS, ESTADO DO TOCANTINS.

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade, Ecologia e Conservação. Foi avaliada para obtenção do título de Mestre em Biodiversidade, Ecologia e Conservação e aprovada em sua forma final pelo Orientador e pela Banca Examinadora.

Data de aprovação: 14/01/2019

Banca Examinadora:



Prof.^o. Dr.^o. Carlos Roberto dos Anjos Candeiro (Orientador), UFG



Prof.^o. Dr.^o. Etiene Fabbrin Pires, UFT



Prof.^o. Dr.^o. Cláudia Valéria de Lima, UFG

Porto Nacional, 2019

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais Raimundo Nonato Rodrigues Lopes e Maria Istervanda da Frota Lopes, que são e sempre foram um grande exemplo de força, determinação, fé e sonhos. Ao meu irmão Rayan da Frota Lopes por todo o apoio e ajuda em tudo. À minha namorada Anna Keren, por ser uma excelente amiga e companheira. Aos meus demais familiares, principalmente ao meu primo Jhonatan Rodrigues, que muito me ajudou durante minha estadia em Goiânia.

Ao meu orientador e amigo Carlos Roberto A. Candeiro, com o qual eu aprendi muito e que foi paciente e dedicado na realização deste trabalho e muito me auxiliou no meu amadurecimento acadêmico. À minha coorientadora Silvina de Valais (Argentina), que muito me ajudou na construção deste trabalho. Ao meu amigo Adelino (Museu Antropológico/UFG), pela correção da gramática de alguns trabalhos e pelo companheirismo.

Ao senhor José Resplandes, proprietário da área de estudos, que sempre nos recebeu muito bem. À família Candeiro, Estreito – Maranhão, pela hospitalidade e grande apoio logístico durante os trabalhos de campo. Aos membros da banca que aceitaram contribuir com este trabalho.

A UFT pela formação de qualidade gratuita e a Ana Paula, Secretária do Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade, Ecologia e Conservação, da Universidade Federal do Tocantins, por todo apoio em resolver questões burocráticas à distância, e foram muitas coisas. Ao CNPq, por conceder a bolsa que foi de grande importância para muitas questões financeiras nesse período.

E aos meus colegas do PPGBEC e do Laboratório de Paleontologia e Evolução do *Campus Aparecida de Goiânia/UFG*, pelo companheirismo e amizade.

Grato a todos e todas!

RESUMO

O presente trabalho tem como objetivo avaliar quantitativamente e propor ações de geoconservação para o geossítio de pegadas de dinossauros da comunidade de São Domingos, e assim contribuir com possíveis atividades que tenham como finalidade conservar esse Patrimônio Paleontológico. A área de estudo se situa em um distrito no município de Itaguatins, extremo norte do estado do Tocantins, Brasil. O geossítio em estudo é caracterizado pela presença de pegadas fósseis em trilhas e isoladas de dinossauros saurópodes basais herbívoros que viveram durante os primeiros estágios do Cretáceo. No presente estudo Foram avaliados quantitativamente o risco de degradação e os potenciais de uso educacional e turístico da área, em todas essas etapas se adotou a metodologia de avaliação quantitativa disponibilizada no aplicativo *web* GEOSSIT, que é administrado pela Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais. O geossítio São Domingos possui um alto valor científico, com relevância nacional, um moderado potencial de uso educacional, um potencial de uso turístico baixo e um alto risco de degradação. O sítio paleontológico em estudo apresenta potencialidade para ser usado em práticas educacionais em todos os níveis de ensino, o geopatrimônio deste sítio se encontra em avançado grau de destruição sendo necessárias medidas urgentes de mitigação das atividades erosivas que agem sobre as pegadas aumentando gradativamente seu grau de desgaste.

Palavras-chave: pegadas de dinossauros, geoconservação, Patrimônio Paleontológico.

ABSTRACT

The present study aims to perform a quantitative evaluation in order to propose a geoconservation plan to the São Domingos geosite, and, therefore, to contribute with feasible actions, to the preservation of this paleontological heritage. The study area is located in the district in the Itaguatins municipality, northern Tocantins state, Brazil. The studied geosite is characterized by the presence of fossil trackways. The tracks have been assigned to basal herbivorous sauropods that lived in the area during the first periods of the Cretaceous. The following aspects were quantitatively evaluated: risk of degradation and potential for the educational and touristic use of the area. All these aspects were quantitatively evaluated with the methodology described in the app *web* GEOSSIT, administered by the Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais. The geosite of São Domingos has a high scientific value, of national relevance, The São Domingos geosite has a high scientific value, with a national relevance, a moderate potential of educational use, a low potential of tourist use and a high risk of degradation. The site of interest and of paleontological value has the potential to be used in educational activities at all levels of education, and should be used for such activities. The elements of the geosite are in an advanced degree of degradation and urgent measures are required to mitigate the erosive activities that act on the footprints and that gradually increases its erosion.

Key words: dinosaur footprints, geoconservation, Paleontological Heritage.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Localização da área de estudo.....	14
Figura 2: Vista aérea do geossítio São Domingos.....	15
Figura 3: Coluna estratigráfica do geossítio.....	18
Figura 4: Pegadas de Sauropodes presentes no geossítio	19
Figura 5: Trilhas <i>in situ</i> do geossítio São Domingos.....	20

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Critérios, pesos e pontuações atribuídas aos potenciais de Uso Educacional e Turístico do geossítio.....	22
Tabela 2: Critérios, pesos e pontuações atribuídas ao Risco de Degradação do geossítio.....	23

LISTA DE ABREVIATURAS

CPRM.....Companhia de Pesquisas e Recursos Minerais

UFG.....Universidade Federal de Goiás

UFT.....Universidade Federal do Tocantins

Sumário

1. INTRODUÇÃO	12
2. METODOLOGIA	14
2.1. Área de estudo	14
2.2. Contexto geológico	15
2.3. Métodos de avaliação quantitativa do geossítio	16
2.4. GEOSSIT: método de avaliação da CPRM	16
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	18
3.1 O geossítio São Domingos.....	18
3.2. Avaliação quantitativa do geossítio	20
3.3. Potencial de uso educacional e turístico	21
3.4. Avaliação do risco de degradação	22
3.5. Propostas de conservação e estratégias de valorização	24
4. CONCLUSÃO	25
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	26

1. INTRODUÇÃO

No final do século XIX foram descobertos os primeiros registros de icnofósseis em território brasileiro, esses registros estão localizados na região do município de Sousa, estado da Paraíba (LEONARDI, 1994; LEONARDI & CARVALHO, 2002). Os achados de Sousa são representados por pegadas e trilhas isoladas atribuídas a terópodes pequenos e grandes, saurópodes, ornitópodes e ornitísquios quadrúpedes, além de algumas espécies as quais ainda não foi possível determinar (DE VALAIS *et al.*, 2015).

No norte do estado do Tocantins, região conhecida como Bico do Papagaio, às margens do rio Tocantins, município de Itaguatins, se encontra o geossítio que contém trilhas de pegadas de dinossauros saurópodes do Eocretáceo (LEONARDI, 1980). Estes icnofósseis são encontrados no distrito São Domingos e foram descritos pela primeira vez por Leonardi (1980) e re-descritas por Tavares *et al.* (2015) e de Valais *et al.* (2015). Esta descoberta originalmente se consistia em um registro composto por pelo menos sete trilhas de vertebrados *in situ*, representando cinquenta e seis pegadas que foram em um primeiro momento atribuídas a dinossauros iguanodontídeos, mas posteriormente foram revistas e atribuídas a dinossauros saurópodes (LEONARDI, 1994; DE VALAIS *et al.*, 2015; TAVARES *et al.*, 2015).

Os registros fósseis de São Domingos afloram em rochas da Formação Corda, bacia intracratônica do Paraíba, essa formação geológica tem um processo de sedimentação atribuído a um ambiente desértico com condições climáticas secas, quentes e fluviais de alta energia no interior (AGUIAR, 1971). Nesse contexto essa unidade apresenta baixo potencial de preservação fossilífero, assim, os icnofósseis de São Domingos são a única evidência fóssil de vertebrados da Formação Corda conhecidos até o presente momento (DE VALAIS *et al.*, 2015).

O registro de pegadas fósseis de dinossauros herbívoros de São Domingos é uma

importante contribuição para a icnofauna do Cretáceo do Hemisfério Sul, a exemplo dos icnofósseis de Sousa, Paraíba, Brasil (LEONARDI, 1994; LEONARDI & CARVALHO, 2002), este afloramento deve ser objeto de estratégias e planos de geoconservação para sua salvaguarda.

Já foi produzido conhecimento científico sobre a área (LEONARDI, 1980; DE VALAIS *et al.*, 2015; TAVARES *et al.*, 2015), e sua importância para a ciência é reconhecida, mas nenhum trabalho com o objetivo geoconservador, inventário sistemático e quantificação dos valores e vulnerabilidade do geossítio foram realizados para auxiliar possíveis medidas de geoconservação para o geossítio em estudo.

Atualmente, muitos estudos têm sido realizados acerca de estratégias de avaliação, gestão e melhores planos de geoconservação (ex. BRAGA, 2002; PEREIRA *et al.*, 2007; PROSSER *et al.*, 2013; MANSUR *et al.*, 2013a; ROCHA *et al.*, 2014; BRILHA, 2016). Também há uma variedade de métodos de avaliação para categorizar os valores de um determinado geossítio (GRAY, 2004; BRILHA 2005; PEREIRA *et al.*, 2007; REYNARD, 2009; BRILHA, 2016).

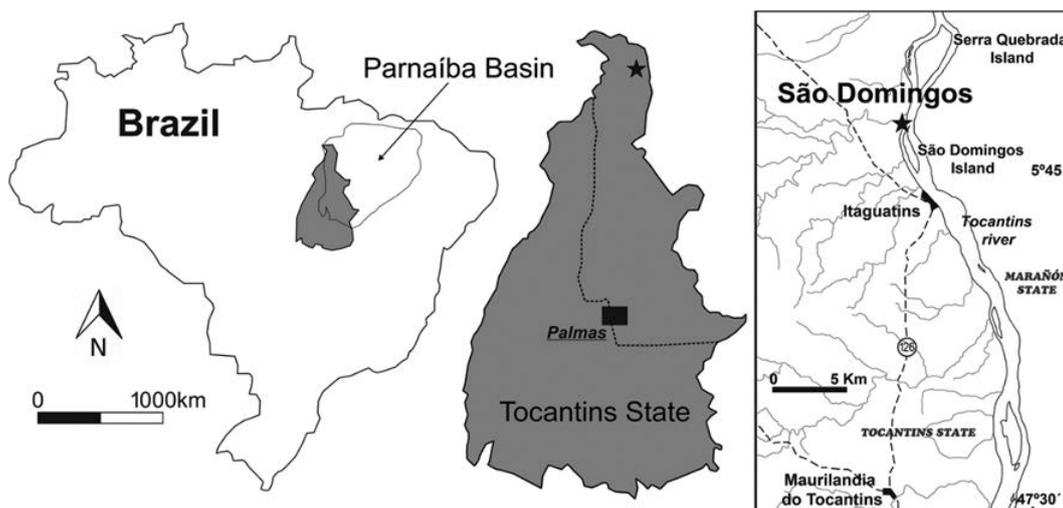
O presente trabalho tem como objetivo avaliar quantitativamente os potenciais de uso educacional, turístico e risco de degradação do geossítio em estudo, além de evidenciar seu valor científico e a destruição dos elementos do geossítio, e assim, propor ações de geoconservação para o geossítio São Domingos, buscando contribuir com possíveis atividades que tenham como finalidade conservar esse Patrimônio Paleontológico.

2. METODOLOGIA

2.1. Área de estudo

O geossítio São Domingos se situa em um distrito homônimo no município de Itaguatins (Fig. 1), extremo norte do estado do Tocantins, divisa com o estado do Maranhão. O distrito no qual o afloramento se encontra se localiza a cerca de 10 km da sede municipal. As pegadas se encontram em uma propriedade privada às margens do rio Tocantins, ocupando uma área de cerca de 1,0 km².

Figura 1 - Mapa de localização da área em estudo.



Modificado de De Valais *et al.*, 2015.

O geossítio em estudo está localizado a 0,5 km a nordeste da vila homônima (Fig. 2), em uma área de transição entre cerrado e floresta amazônica. Para chegar até o afloramento é necessário descer um pequeno talude e assim ter acesso à planície de inundação do rio Tocantins, onde as pegadas se encontram. As coordenadas do afloramento são: LAT: 5°42'58"S, LON: 47°29'48"O.

Figura 2 - Vista aérea da área do geossítio.



Fonte: Google Earth.

2.2. Contexto geológico

Na área em estudo afloram rochas da Formação Corda, que pertence à bacia sedimentar intracratônica do Parnaíba, localizada no Norte do Brasil (AGUIAR, 1971). Também denominada por Góes (1995) e Góes e Coimbra (1997) de Província Sedimentar do meio Norte essa unidade geológica ocupa uma área de pelo menos 600 000 Km² entre os estados do Tocantins, Pará, Maranhão, Ceará e Bahia (GÓES; FEIJÓ, 1994) e usualmente é subdividida em quatro sub-bacias menores, Parnaíba (Siluriano-Triássico), Alpercatas (Jurássico-Cretáceo inferior), Grajaú (Cretáceo) e Espigão Mestre (Cretáceo) (SILVA *et al.*, 2003).

A Formação Corda aflora na porção central da Bacia do Parnaíba, os afloramentos dessa unidade abrangem a área entre o rio Parnaíba e a foz do rio Araguaia (AGUIAR, 1971). Essa unidade possui uma litologia composta por arenitos vermelhos, castanho-avermelhados, brancos, roxo a cinza, muito finos e também finos e médios, ricos em óxidos de ferro e zeólitas, os depósitos sedimentares da formação Corda são sobrepostos concordantemente à Formação Pastos Bons e discordantemente aos basaltos da Formação Mosquito (AGUIAR, 1971; SILVA *et al.*, 2003).

O processo de sedimentação na Formação Corda foi atribuído a um ambiente desértico,

condições climáticas secas, quentes e fluviais de alta energia no interior, depositados na porção distal de um sistema fluvial trançado, nesse contexto a preservação de fósseis foi um evento raro (AGUIAR, 1971; SILVA *et al.*, 2003; SANTOS; CARVALHO, 2009).

As estruturas sedimentares predominantes na Formação Corda são os pacotes com estratificação cruzada acanalada, de amplo porte e fluxo de grãos, que intercalam camadas com estratificações plano-paralelas (AGUIAR, 1971). Essas estruturas são interpretadas como depósitos de dunas eólicas e de regiões de interdunas. A unidade foi dada como do Cretáceo Inicial (Barremiano), com base na presença do artrópode conchostráceo *Macrolimnadiopsis* (LIMA; LEITE, 1978).

2.3. Métodos de avaliação quantitativa do geossítio

O estudo do local de interesse e valor paleontológico se iniciou com o inventário, através de trabalhos de campo, dos elementos da geodiversidade de valor patrimonial que ainda se encontram preservados no geossítio, com a finalidade de conhecer o estado de conservação dos icnofósseis. Após essa etapa se procedeu a avaliação da sua vulnerabilidade, que se consiste em analisar quais os principais fatores naturais e antropogênicos que estão pondo em risco a integridade dos icnofósseis e o grau em que esses agentes erosivos põe em risco o estado de conservação do objeto de estudo.

Foram avaliados quantitativamente o risco de degradação e os potenciais de uso educacional e turístico da área, em todas essas etapas se adotou a metodologia de avaliação quantitativa disponibilizada no site Geossit (<https://www.cprm.gov.br/geossit/>), que é administrado pela Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM). As tabelas de avaliação utilizadas nessa metodologia são baseadas na proposta de Brilha (2016). Com os resultados já disponíveis foram realizadas então as propostas de geoconservação para o Patrimônio Paleontológico do geossítio São Domingos.

2.4. GEOSSIT: método de avaliação da CPRM

O GEOSSIT é um aplicativo *web* desenvolvido pela CPRM para cadastro e quantificação de geossítios, permitindo também a integração dos dados de inventário e

quantificação para caracterização do patrimônio geológico em território brasileiro. Segundo Mansur *et al.* (2013b), o aplicativo funciona como uma ferramenta para a padronização do cadastramento de geossítios do Brasil, de livre acesso para visualização dos sítios já existentes.

O sistema possui inúmeras planilhas eletrônicas que devem ser preenchidas para que se possa realizar a avaliação quantitativa e obter a relevância do geossítio em estudo. O GEOSSIT também sugere algumas recomendações quanto à urgência e necessidade de proteção, independentemente da finalidade do local como um ponto turístico, ou didático, por exemplo. Após o preenchimento de todos os parâmetros, o sistema calculará uma média final para os geossítios, atribuindo-lhes uma relevância nos âmbitos internacional, nacional e regional.

Para a avaliação dos potenciais de uso educacional e turístico (BRILHA, 2016: Tabela 5) da área em estudo foram considerados os seguintes critérios: vulnerabilidade, acessibilidade, limitações de uso, segurança, logística, densidade populacional, associação com outros valores, beleza cênica, singularidade, condições de observação, potencial didático, diversidade geológica, potencial para divulgação, nível econômico e proximidade a zonas recreativas, sendo que os parâmetros potencial didático e diversidade geológica são usados apenas na quantificação do potencial de uso didático, e os parâmetros potencial para divulgação, nível econômico e proximidade a zonas recreativas, são utilizados apenas na quantificação do potencial de uso turístico. Cada critério recebe uma pontuação de 1 a 4 quando aplicável, os critérios não possuem pesos iguais (BRILHA, 2016: Tabela. 6), ao final se faz a ponderação, realizada no próprio GEOSSIT, que então obtém o resultado numérico e fornece o dado de que o potencial de uso é baixo, moderado ou alto.

A avaliação do risco de degradação (BRILHA, 2016: Tabela. 7) se deu com a

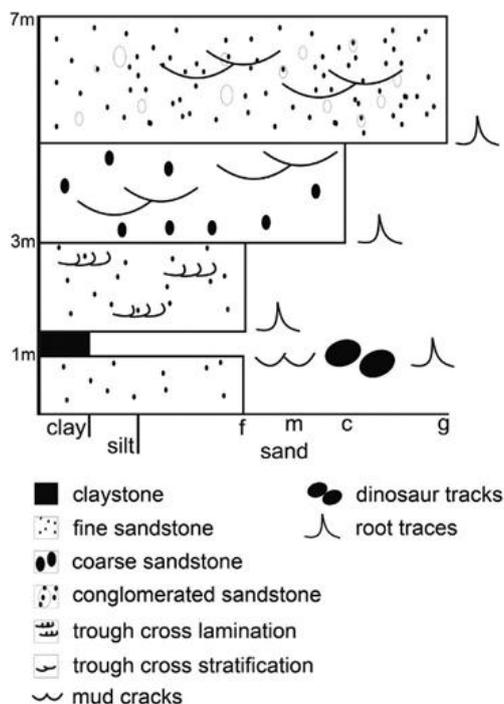
utilização de cinco critérios sendo eles: deterioração dos elementos geológicos, proximidade a áreas/atividades com potencial para causar degradação, proteção legal, acessibilidade e densidade populacional. O GEOSSIT pontua esses critérios de 1 a 4 (BRILHA, 2016: Tabela. 8), quando o critério é aplicável à área de estudo, e então determina se o risco de degradação é baixo, moderado ou alto (BRILHA, 2016: Tabela. 9).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 O geossítio São Domingos

O local de interesse paleontológico em estudo é composto por icnofósseis que estão preservados em uma laje de arenito (Fig. 3) da Formação Corda do Barremiano, Cretáceo Inferior. O estrato inclui sedimentos avermelhados e acinzentados com grãos de finos a médios ricos em óxido de ferro e zeólitas, a camada inclui também sedimentos modernos das cheias de alta energia do rio Tocantins.

Figura 3 - Coluna estratigráfica do geossítio com o posicionamento das pegadas na camada.

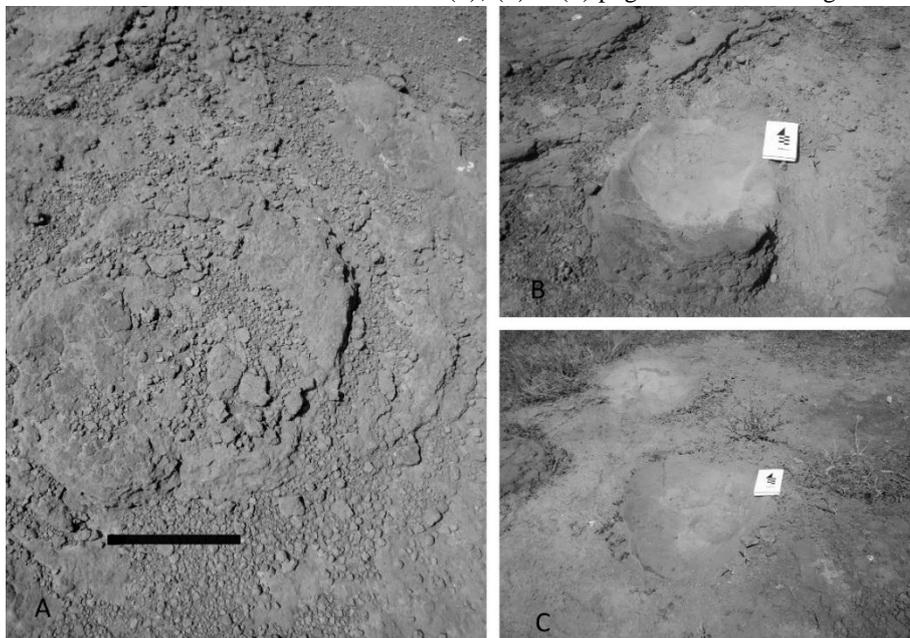


Fonte: De Valais *et al.* 2015.

A vegetação encontrada na área em que o geossítio se encontra é constituída principalmente por ambientes que intercalam áreas de cerradão, campo cerrado e floresta semidecidual, o clima é classificado como Equatorial, tendo chuvas durante todo o ano e temperaturas médias em torno de 26°C possuindo uma amplitude térmica baixa (DAMBRÓS et al., 2003).

O geossítio é composto atualmente por 20 pegadas distribuídas em 4 trilhas e pegadas isoladas, com conservação de má a moderada devido ao seu acentuado desgaste (Fig. 4). De Valais et al. (2015) consideram os icnofósseis de São Domingos como pertencentes ao grupo de tipo *Parabrontopodus* ou “narrow-gauge”, aqui se corrobora essa consideração pelo tamanho das pegadas e ângulo de estreitamento das trilhas, além da profundidade da impressão no substrato ser baixa quando se considera o peso do animal.

Figura 4 - Pegadas de dinossauros saurópodes encontradas no geossítio São Domingos, Itaguatins, Tocantins. Barras de escala de 20 cm. (a), (b) e (c) pegadas isoladas no geossítio.

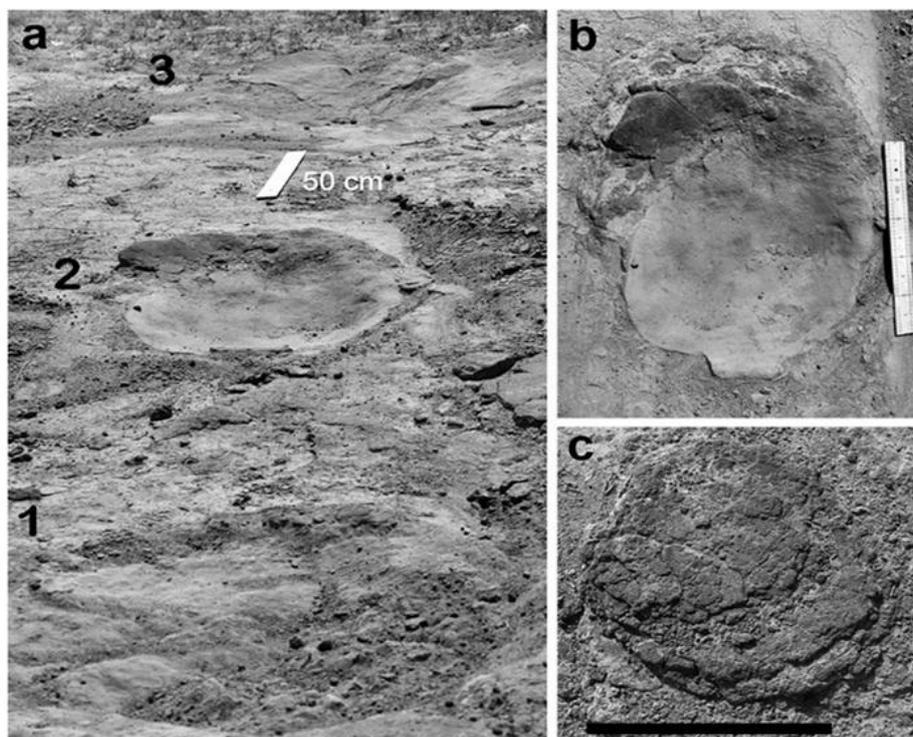


Fonte: Os autores

Os icnofósseis encontrados no geossítio são representados por pegadas subcirculares e algumas com sola subtriangular, possivelmente devido ao seu grau de desgaste (Fig. 5). As impressões não possuem marcas de dígitos e garras e são

relativamente mais compridas do que largas, variando de 59 a 80 cm de largura e de 66 a 82 cm de comprimento.

Figura 5. Trilhas *in situ* do geossítio São Domingos. Uma trilha de três pegadas, a trilha mais próxima (a) é coberta por sedimentos modernos; (b) e (c) pegadas moderadamente preservadas. Barras de escala 50 cm.



Fonte: De Valais *et al.* 2015.

3.2. Avaliação quantitativa do geossítio

O geossítio em estudo é caracterizado pela presença de pegadas fósseis em trilhas e isoladas, de dinossauros saurópodes basais herbívoros que viveram durante os primeiros estágios do Cretáceo. Os elementos de valor paleontológico encontrados no geossítio podem ser qualificados como valor patrimonial pela sua relevância científica e didática/educacional, pois representam vestígios da paleobiodiversidade nacional, além de serem uma ocorrência única em toda a região em que se encontram.

Mesmo já existindo produções científicas sobre o geossítio São Domingos, um inventário sistemático nunca foi realizado para análise de seus valores. Independentemente de se tratar de apenas um geossítio a avaliação dos valores se torna necessária para que se possa conhecer a partir das metodologias disponíveis a real importância quantitativa desse geossítio e

a necessidade de serem aplicadas estratégias geoconservadoras na área em estudo.

A importância do afloramento icnofossilífero de São Domingos se torna evidente quando comparada à avaliação quantitativa de outros geossítios com valor superlativo e com sua importância para a geoconservação já reconhecida, a exemplo dos geossítios de icnofósseis de Sousa, Paraíba, Brasil, que também possuem pegadas de dinossauros e nos estudos realizadas por Santos *et al.* (2015) apresentam em média baixos valores científicos e turísticos, valor educacional moderado e alta vulnerabilidade.

A relevância científica deste geossítio já foi demonstrada neste trabalho, citando trabalhos já publicados sobre o afloramento em estudo e mostrando seus elementos de valor para a ciência. Assim, o valor científico para este local de interesse paleontológico é assumido *a priori* sem outras considerações referentes a este tópico.

3.3. Potencial de uso educacional e turístico

O geossítio em estudo é um excelente exemplo de local que ilustra um processo ou característica geológica, e traz uma contribuição significativa para a compreensão de tópicos sobre evolução de natureza geológica, biológica e biogeográfica, isto é claramente uma evidência da relevância educacional desta área para o ensino de paleontologia e também outras disciplinas dentro das geociências.

O geossítio São Domingos possui um moderado valor educacional, mas com relevância nacional. Mesmo com atributos que o tornam um local bem representativo de eventos geológicos de conservação icnofossilífera e testemunho da paleobiodiversidade nacional, a baixa conservação de seus elementos faz com que nas análises quantitativas seu valor seja um pouco reduzido (Tab. 1). Pois uma maior conservação dos elementos faz com que o valor educacional seja mais alto, pela menor restrição do uso dessas áreas e menor risco de destruição dos elementos de valor patrimonial ali presentes.

Tabela 1 - Critérios, pesos e pontuação possível proposto por BRILHA (2016) utilizados na quantificação dos potenciais de uso educacional e turístico no Geossít.

POTENCIAL DE USO EDUCACIONAL (UE) E TOURISTICO (UT)	PESOS		PONTUAÇÃO POSSÍVEL PARA OS PARÂMETROS		PONTUAÇÃO ATRIBUÍDA NO GEOSSIT	
	(UE)	(UT)	(UE)	(UT)	(UE)	(UT)
Vulnerabilidade	10	10	0, 1, 2, 3, 4	0, 1, 2, 3, 4	2	2
Acessibilidade	10	10	0, 1, 2, 3, 4	0, 1, 2, 3, 4	1	1
Limitações de uso	5	5	0, 1, 2, 3, 4	0, 1, 2, 3, 4	2	2
Segurança	10	10	0, 1, 2, 3, 4	0, 1, 2, 3, 4	2	2
Logística	5	5	0, 1, 2, 3, 4	0, 1, 2, 3, 4	2	2
Densidade populacional	5	5	0, 1, 2, 3, 4	0, 1, 2, 3, 4	1	1
Associação com outros valores	5	5	0, 1, 2, 3, 4	0, 1, 2, 3, 4	2	2
Beleza cênica	5	15	0, 1, 2, 3, 4	0, 1, 2, 3, 4	0	0
Singularidade	5	10	0, 1, 2, 3, 4	0, 1, 2, 3, 4	4	4
Condições de observação	10	5	0, 1, 2, 3, 4	0, 1, 2, 3, 4	3	3
Potencial didático	20	0	0, 1, 2, 3, 4	0	4	0
Diversidade geológica	10	0	0, 1, 2, 3, 4	0	1	0
Potencial para divulgação	0	10	0	0, 1, 2, 3, 4	0	3
Nível econômico	0	5	0	0, 1, 2, 3, 4	0	2
Proximidade a zonas recreativas	0	5	0	0, 1, 2, 3, 4	0	3

O potencial de uso turístico foi considerado baixo pelas análises quantitativas, isso se deve também à baixa conservação dos elementos do geossítio e à falta de elementos nas proximidades que possuam beleza cênica ou que sirvam para atividades recreativas.

O valor de uso educacional evidencia que a área em estudo possui elementos que devem ser utilizados para atividades didáticas em todos os níveis de ensino, sendo este afloramento algo único na região que pode auxiliar na compreensão de conteúdos ministrados na educação básica e em cursos de Geografia, Biologia e Geologia.

3.4. Avaliação do risco de degradação

O geossítio São Domingos está situado às margens do rio Tocantins, estando vulnerável às cheias da drenagem, esse é o fator que mais desgasta os icnofósseis, causando sua deterioração e ao mesmo tempo os cobrindo com sedimentos modernos.

O geossítio São Domingos obteve um alto risco de degradação dos seus elementos de valor paleontológico (Tab. 2). Isso se deve ao acentuado grau de desgaste dos seus atributos de valor superlativo, além de estar continuamente sendo atingido pela erosão causada pelas cheias do rio Tocantins. Outro fator que torna esse risco acentuado é que o geossítio não possui até o presente momento atividades de proteção ou intervenção para barrar esse desgaste dos elementos paleontológicos.

Tabela 2 - Critérios, pesos e pontuação possível proposto por BRILHA (2016) utilizados na quantificação do risco de degradação no Geossit.

RISCO DE DEGRADAÇÃO			
PARÂMETROS	PESOS	PONTUAÇÃO POSSÍVEL PARA OS PARÊMETROS	PONTUAÇÃO ATRIBUÍDA NO GEOSSIT
Deterioração de elementos geológicos	35	0, 1, 2, 3, 4	4
Proximidade a áreas/atividades com potencial para causar degradação	20	0, 1, 2, 3, 4	4
Proteção legal	20	0, 1, 2, 3, 4	3
Acessibilidade	15	0, 1, 2, 3, 4	3
Densidade populacional	10	0, 1, 2, 3, 4	1

Além das cheias normais da drenagem que danificam a estrutura da rocha portadora dos icnofósseis no geossítio São Domingos, um fator que se acrescenta é a alteração que ocorreu no regime da vazão de águas da drenagem, principalmente nos últimos cinco anos com a entrada em operação da Usina Hidrelétrica de Estreito, localizada a 150 km a montante do geossítio.

A modificação do fluxo de água sobre o arenito tem provocado a aceleração da degradação deste importante geossítio, pois a força mecânica do escoamento das águas da drenagem que desce mais abruptamente após a construção da Hidrelétrica de Estreito vem ocasionando uma ação erosiva mais acentuada na rocha em que as pegadas estão inseridas.

Próximo ao local de ocorrência dos icnofósseis há a criação de animais, que às vezes conseguem atravessar a cerca que separa a área de pecuária da área do geossítio, este também é um fator que oferece grande risco à conservação desse patrimônio paleontológico.

3.5. Propostas de conservação e estratégias de valorização

O sítio paleontológico São Domingos está sujeito às cheias sazonais do rio Tocantins e se encontra com alto grau e risco de destruição. Outros locais em várias regiões do mundo também possuem trilhas de dinossauros que podem ser observadas *in situ*, a exemplo, as pegadas de La Rioja na Espanha (CALATAYUD *et al.*, (2003) e as trilhas encontradas em Sousa, Paraíba, Brasil (SANTOS *et al.*, 2015). Estes locais são alvos de atividades de geoturismo e esta atividade pode ser uma ferramenta importante para a proteção e conservação do sítio de pegadas de dinossauros de São Domingos, pois atrairia excursões escolares e turísticas para observar e aprender sobre as pegadas.

Mesmo com o baixo índice quantitativo para seu uso no turismo, este geossítio pode ser alvo de melhorias, na logística para que visitantes possam chegar até o local das pegadas mais facilmente e na implantação de painéis interpretativos que ajudariam o visitante a entender o que aquele elemento significa mais profundamente.

Como não são todas as pegadas que ficam submersas em períodos de cheias as visitas ao sítio paleontológico podem ocorrer de forma contínua. Com visitas guiadas o público em geral pode aprender sobre a evolução, a geologia, a paleofauna local e as peculiaridades dos dinossauros nativos que produziram as pegadas.

Para conservar os icnofósseis do geossítio aqui analisado é necessário que estudos contínuos sejam realizados na área para detalhamento sistemático das pegadas e descobrimento de novas pegadas ou outros tipos de icnofósseis que possam ocorrer na região. A utilização de placas de sinalização que informem aos visitantes sobre a proibição de remover qualquer material do geossítio é fundamental, bem como institucionalizar programas de caráter didático/educacional para a comunidade local, que desconhece a importância e até mesmo a existência deste patrimônio. Um ponto importante para a continuidade deste patrimônio é o desenvolvimento de atividades de extensão e intervenção nas pegadas com trabalhos técnicos de recuperação dos icnofósseis, uma parceria que pode ocorrer entre a universidade e o poder público local.

4. CONCLUSÃO

O registro icnofossilífero de São Domingos possui elementos de grande valor paleontológico que são testemunhos da paleobiodiversidade do Gondwana. Além dessa importância, estes espécimes podem estar diretamente relacionados com diplodocóides basais, se isto for confirmado em estudos futuros eles seriam os mais antigos relatados para o Eocretáceo (DE VALAIS *et al.*, 2015).

O geossítio em estudo é, até o presente momento, o único local que contém elementos superlativos da geodiversidade na região em que se encontra, com isso o inventário tradicional de análise de valores para escolha de sítios prioritários para conservação não se aplica, sendo realizada a avaliação de valores apenas para o sítio paleontológico pesquisado. As análises quantitativas de um geossítio em específico foram satisfatórias apresentando resultados que tornam possível visualizar a real importância e estado de risco do geossítio estudado.

O geossítio em estudo apresenta potencialidade para ser usado em práticas educacionais em todos os níveis de ensino, e deve ser usado para tais atividades. Os elementos do sítio paleontológico em estudo se encontram em avançado grau de destruição sendo necessárias medidas urgentes de mitigação das atividades erosivas que agem sobre as pedras aumentando gradativamente seu grau de desgaste.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGUIAR, G.A. **Revisão Geológica da bacia Paleozóica do Maranhão**. In: Abstracts 15° Congresso Brasileiro de Geologia, São Paulo, vol. 3, pp. 113 e 122. 1971.

BRAGA, J.C. (Coord.). **Propuesta de estratégia andaluza para la conservación de la geodiversidad [Andalucía strategy proposal for the conservation of geodiversity]**. Junta de Andalucía, Consejería de Medio Ambiente, 105 pp. (in Spanish). 2002.

BRILHA, J. **Património Geológico e Geoconservação: A Conservação da Natureza na sua Vertente Geológica**. Editora Palimage. Braga. Portugal. 2005.

BRILHA, J. Inventory and Quantitative Assessment of Geosite and Geodiversity Sites: a Review. **Geoheritage**, n. 2, v. 8, p. 119-134. 2016.

DE VALAIS, S., CANDEIRO, C.R, TAVARES, L. F, ALVES, Y. M, CRUVINEL, C. **Situación actual del yacimiento icnológico de vertebrados de São Domingo, en niveles de la Formación Corda (Cretácico Inferior), Tocantins, Brasil**. Reunión de Comunicaciones de la Asociación Paleontológica Argentina, UNRN, General Roca, Río Negro. *Ameghiniana* 49 (4) suplemento: R142-R143. 2012.

DE VALAIS, S., CANDEIRO, C. R., TAVARES, L. F., ALVES, Y. M, CRUVINEL, C. Current situation of the ichnological locality of São Domingos from the Corda Formation (Lower Cretaceous), northern Tocantins State, Brazil. **Journal of South American Earth Sciences**, 61:142-146. 2015.

GEOSSIT. Disponível em: <https://www.cprm.gov.br/geossit/>.

GRAY, M. **Geodiversity. Valuing and Conserving Abiotic Nature**. Wiley, Chichester, pp. 448. 2004.

GRAY, M. Other nature: geodiversity and geosystem services. **Environmental Conservation**. 38 (3) 271–274. 2011.

IBGE. **Censo populacional 2010**. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/to/itaguatins>> acesso 20 de fevereiro de 2018.

LEONARDI, G. **Ornithischian trackways of the Corda Formation (Jurassic) Goiás, Brazil**. In Actas 1º Congresso Latino-americano de Paleontología. Buenos Aires. 1:215-222. 1980.

LEONARDI, G. Annotated Atlas of South America Tetrapod Footprints (Devonian to Holocene). CPRM, Brasília, p. 240. 1994.

LEONARDI, G. CARVALHO, I.S. **As Pegadas de dinossauros das bacias Rio do Peixe, PB**. In: Schobbenhaus, C.; Campos, D.A.; Queiroz, E.T.; Winge, M.; Berbert-Born, M. (Edit.) **Sítios Geológicos e Paleontológicos do Brasil**. Disponível em: <http://sigep.cprm.gov.br/sitio026/sitio026.htm>. 2000.

LEONARDI, G. CARVALHO, I. S. **Iconofósseis da Bacia do Rio do Peixe, PB. O mais marcante registro de pegadas de dinossauros do Brasil**. In: Schobbenhaus, C.; Campos, D.A.; Queiroz, E.T.; Winge, M.; Berbert-Born, M. (Org.). **Sítios Geológicos e Paleontológicos do Brasil**. 1 ed. Brasília: Companhia de Pesquisa e Recursos Minerais, v. 1, p. 101-111. 2002.

MANSUR, K.L. CASTRO, A.R.S. PONCIANO, L. Carvalho, I.S. **Conservação e restauro do patrimônio geológico e sua relevância para a geoconservação**. **Boletim Paranaense de Geociências**. Volume 70, pp. 137–155. 2013.

MANSUR, K.L. ROCHA, A.J.D. PEDREIRA, A.J. SCHOBHENHAUS, C.

SALAMUNI, E. ERTHAL, F.L.C. PIEKARZ, G.F. WINGE, M. NASCIMENTO, M.A.L. RIBEIRO, R.R. Iniciativas Institucionais de valorização do patrimônio geológico no Brasil. **Boletim Paranaense de Geociências**, 70: 2-27. 2013b.

PEREIRA, P., PEREIRA, D., ALVES, M. Geomorphosite assessment in Montesinho Natural Park (Portugal). *Geographica Helvetica*, **Swiss Journal of Geography**. 3, 159–168. 2007.

PROSSER, C.D. BROWN, E.J. LARWOOD, J.G. BRIDGLAND, D.R. Geoconservation for science and society: challenges and opportunities. **Proc Geol Assoc.** 124(4):559–730. doi:10.1016/j.pgeola.2011.01.007. 2013.

REYNARD, E. **The assessment of geomorphosites**. In: Reynard, E., Coratza, P., Regolini-Bissig, G. (Eds.), *Geomorphosites*. Verlag Dr. Friedrich Pfeil, Munchen, 240 pp. 2009.

ROCHA, J. BRILHA, J. HENRIQUES, M. Assessment of the geological heritage of Cape Mondego Natural Monument (Central Portugal). **Proceedings of the Geologists' Association**, (125), pp.107-113. Available at: <http://dx.doi.org/10.1016/j.pgeola.2013.04.005> [Accessed 22 May 2018]. 2014.

SANTOS, M.E.C.M., CARVALHO, M.S.S. **Paleontologia das bacias do Parnaíba, Grajaú e São Luís**. CPRM, Rio de Janeiro. 2009.

SHARPLES. C. Concepts and Principles of Geoconservation. Ficheiro PDF publicado electronicamente nas páginas do **Tasmanian Parks & Wildlife Service**, Australia, pp. 79. 2002.

TAVARES, L.F.S. DE VALAIS, S. ALVES, Y.M. CANDEIRO, C.R.A. Amazonian

Lower Cretaceous North Tocantins State (Brazil) dinosaur track site: conservation significance. **Environmental Earth Sciences**. Berlin. pp. 142-146. 2015.