



PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO RIO DE JANEIRO

**O salvamento paleontológico em áreas de
mineração, com base na exploração da Pedra Cariri**

Felipe Barbi Chaves

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

CENTRO DE CIÊNCIAS SOCIAIS – CCS

DEPARTAMENTO DE ADMINISTRAÇÃO

Curso de Especialização em Políticas Públicas e Gestão Governamental nos
Setores Energético e Mineral

Brasília – DF, maio de 2017



Felipe Barbi Chaves

O salvamento paleontológico em áreas de mineração, com
base na exploração da Pedra Cariri

Trabalho de Conclusão de Curso

Trabalho de Conclusão de Curso de Especialização em Políticas Públicas e Gestão Governamental nos Setores Energético e Mineral, apresentado ao programa de Pós-graduação *lato sensu* em Administração da PUC-Rio como requisito parcial para a obtenção do título de Especialista em Políticas Públicas e Gestão Governamental nos Setores Energético e Mineral.

Orientadora: Dra. Clarice Campelo de Melo Ferraz

Brasília – DF, maio de 2017

Ficha Catalográfica

Chaves, Felipe Barbi

O salvamento paleontológico em áreas de mineração, com base na exploração da Pedra Cariri / Felipe Barbi Chaves; orientadora: Clarice Campelo de Melo Ferraz. - 2017.

40 f. : il. color. ; 30 cm

Trabalho apresentado ao Curso de Especialização em Políticas Públicas e Gestão Governamental nos Setores Energético e Mineral do Programa de Pós-Graduação *lato sensu* em Administração da PUC-Rio.

Trabalho de conclusão de curso (especialização) - Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Departamento de Administração, 2017.

Inclui bibliografia.

1. Administração – TCC. 2. Extração de fósseis. 3. Salvamento paleontológico. 4. Pedra Cariri. 5. Membro Crato. I. Ferraz, Clarice Campelo de Melo. II. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. Departamento de Administração. III. Título.

CDD: 658

“Da mesma forma como uma velha árvore registra em seu tronco a memória de seu crescimento e de sua vida, assim também a Terra guarda a memória do seu passado... Uma memória gravada em níveis profundos ou superficiais. Nas rochas, nos fósseis e nas paisagens, a Terra preserva uma memória passível de ser lida e decifrada”.

*Declaração Internacional dos Direitos à Memória da Terra
Item 6 (1991)*

Agradecimentos

São muitas as pessoas a quem agradeço com a conclusão deste trabalho. Dentre elas, destaco o Engenheiro de Minas Roger Romão Cabral, Coordenador de Fiscalização do Aproveitamento Mineral; o Geólogo Walter Lins Arcoverde, Diretor de Fiscalização da Atividade Minerária; e o Geólogo Telton Elber Correa, Diretor-Geral Interino, dirigentes do Departamento Nacional de Produção Mineral que permitiram minha participação no curso de Especialização em Políticas Públicas e Gestão Governamental nos Setores Energético e Mineral.

Faço um agradecimento especial à Profa. Dra. Clarice Campelo de Melo Ferraz, pela paciência, compreensão e orientação do presente trabalho.

Agradeço, igualmente, aos demais professores, por todos os ensinamentos, e aos colegas de curso, em especial aqueles que comigo participaram do Núcleo Geologia, Mineração e Transformação Mineral: Agda Leles, Daniel Lima, David Siqueira, Karlos Rodrigo Silva, Luís Mauro Ferreira, Ricardo Parahyba, Saulo Melo e Telda Lima. Foram vários bons momentos de aprendizado e de confraternização.

Também aos profissionais da Escola de Negócios (IAG) da PUC-Rio, Carlos Eduardo da Câmara Pereira e Deise Duarte, e do Ministério de Minas e Energia, Roliana Araújo, pela atenção e presteza com que atenderam as dúvidas de ordem burocrática surgidas no decorrer do curso.

Por fim, agradeço a minha família e amigos, em especial à minha esposa, Maria Carolina, pelo apoio nesta que não foi uma tarefa fácil.

Obrigado a vocês!

Resumo

Chaves, Felipe Barbi. Ferraz, Clarice Campelo de Melo. O salvamento paleontológico em áreas de mineração, com base na exploração da Pedra Cariri. Brasília, 2017. 40 p. Trabalho de Conclusão do Curso de Especialização em Políticas Públicas e Gestão Governamental nos Setores Energético e Mineral, Departamento de Administração, IAG – Escola de Negócios. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

A ocorrência de fósseis em áreas de mineração é uma oportunidade para ampliar o conhecimento paleontológico. A adequada extração dos fósseis por meio da coleta sistemática (racionalizada num projeto técnico de salvamento paleontológico) deve ocorrer concomitantemente à lavra. O projeto deve ser elaborado e executado por paleontólogos e ter a garantia de execução por parte do titular do direito minerário. Devem ser contempladas as técnicas adequadas de coleta e o cronograma de execução. Além disso, deve ser indicada a instituição científica destinatária dos fósseis resgatados. O presente trabalho aborda uma proposta para a operacionalização desse projeto, em consonância com a legislação minerária em vigor. Tiveram por escopo a lavra do calcário laminado no sul do Ceará, importante depósito fossilífero brasileiro. Pretende-se que o Departamento Nacional de Produção Mineral publique uma norma regulando o assunto.

Palavras- chave:

Extração de fósseis, salvamento paleontológico, Pedra Cariri, Membro Crato.

Abstract

Chaves, Felipe Barbi. Ferraz, Clarice Campelo de Melo. The paleontological salvage in mining areas, based on the exploration of Cariri Stone. Brasília, 2017. 40 p.

The occurrence of fossils in mining areas is an opportunity to increase paleontological knowledge. Adequate extraction of fossils through systematic collection (rationalized in a technical project of paleontological salvage) must occur concurrently with mining. The project must be prepared and executed by paleontologists and be guaranteed the execution by the holder of the mining right. It shall contemplate the appropriate collection techniques, the execution schedule and indicate the recipient scientific institution to the recovered fossils. The present work addresses a proposal for the operationalization of this project, in accordance with the mining legislation in force. They had in scope the mining of laminated limestone in the south of Ceará, an important Brazilian fossiliferous deposit. It is intended that the National Department of Mineral Production publish a standard regulating the subject.

Key-words

Fossil extraction, paleontological salvage, Cariri Stone, Crato Member.

Sumário

AGRADECIMENTOS	I
RESUMO	II
ABSTRACT	III
SUMÁRIO	IV
LISTA DE FIGURAS	V
LISTA DE ABREVIATURAS.....	VI
1. Introdução.....	1
2. Objetivos.....	9
3. Materiais e Métodos	10
4. Conceitos Técnicos e Aspectos Legais	11
5. Os Calcários Laminados (“Pedra Cariri”).....	15
5.1. Contexto Geológico.....	15
5.2. Lavra da Pedra Cariri	17
5.3. Beneficiamento da Pedra Cariri.....	19
6. O Salvamento Paleontológico nas áreas de mineração	21
7. Conclusões.....	24
8. Referências Bibliográficas	26

Lista de Figuras

Figura 1: Fósseis brasileiros encontrados com a mineração de calcários. Fonte: SIGEP.	2
Figura 2: Localização das cidades de Nova Olinda e Santana do Cariri, no sul do Ceará (face norte da Bacia do Araripe), nordeste do Brasil. Modificado de Martine (2013).	3
Figura 3: Alguns dos fósseis do Membro Crato. Fontes: Maissey (1991); Martill <i>et.al.</i> (2007, 2015).	4
Figura 4: A, Mapa Geológico da Bacia do Araripe, segundo Assine (2007). B, Localização da Bacia do Araripe no território brasileiro. C, Carta estratigráfica simplificada da Bacia do Araripe, com suas unidades litoestratigráficas e respectivas idades. Fonte: adaptado de Oses (2016: pág. 9).	15
Figura 5: Estruturação sedimentológica do Membro Crato com a representação dos pacotes C1 a C6 (calcários laminados). Fonte: adaptado de Vilas Boas (2012: pág. 24).	17
Figura 6: A, Método de lavra semi-mecanizado, com o uso de serra de piso. B, método de lavra rudimentar. Fonte: Vidal <i>et. al.</i> (2005).	18
Figura 7: Pedreira do calcário laminado. Notar a quantidade de rejeito misturado às lajotas de Pedra Cariri. Foto: José Artur Andrade (DNPM/CE).	19
Figura 8: Frente de lavra. À esquerda, operador com uma serra de piso. Foto: José Artur Andrade (DNPM/CE).	19
Figura 9: Espécime de pterossauro cuja placa foi inadvertidamente (?) cortada, fragmentando-o. Trata-se de uma das 27 peças de relevante valor paleontológico e científico apreendidas pelo Departamento de Polícia Federal (DPF) em operação de combate ao contrabando. Fonte: Sampaio (2013).	20

Lista de Abreviaturas

APL	Arranjo Produtivo Local
CETEM	Centro de Tecnologia Mineral
CM	Código de Mineração (Decreto-Lei nº 227/67)
CNPq	Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico
CPRM	Serviço Geológico do Brasil
DNPM	Departamento Nacional de Produção Mineral
DNPM/CE	Superintendência do DNPM no Estado do Ceará
DPF	Departamento de Polícia Federal
IBAMA	Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
MCTI	Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação
MME	Ministério de Minas e Energia
NRM	Normas Reguladoras da Mineração
PUC-Rio	Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro
SEMACE	Superintendência Estadual do Meio Ambiente – Ceará
SIGEP	Comissão Brasileira de Sítios Geológicos e Paleobiológicos
TAC	Termo de Ajustamento de Conduta
URCA	Universidade Regional do Cariri
UFC	Universidade Federal do Ceará
UFPE	Universidade Federal de Pernambuco
UFRJ	Universidade Federal do Rio de Janeiro
UFRN	Universidade Federal do Rio Grande do Norte
UFRPE	Universidade Federal Rural de Pernambuco
UNIVASF	Universidade Federal do Vale do São Francisco

1. Introdução

Os fósseis constituem fontes de informação primordiais para se entender o surgimento e a evolução da vida na Terra. Isso lhes confere um valor científico intrínseco. É comum encontra-los embebidos em calcários, rochas sedimentares com um amplo aproveitamento industrial e comercial, como na produção de cimento (é a principal matéria-prima), no emprego como agregados (brita, cascalho) ou rocha ornamental (de revestimento) para a construção civil e na utilização como corretivo de solos na agricultura (Silva, 2009).

No Brasil, são vários os achados fósseis em minerações de calcários. Em Goiás, numa pedreira no município de Montividiu, encontram-se desde fragmentos ósseos até esqueletos quase completos e articulados de mesossauros (Araújo-Barberena, 2002). Restos ósseos de crocodilomorfos foram coletados em uma mina em Paulista, em Pernambuco (Barbosa *et.al.*, 2008), e em uma caieira em Peirópolis, distrito de Uberaba, Minas Gerais (Ribeiro; Carvalho, 2009). Em Santa Rosa de Viterbo, no interior paulista, foram identificados estromatólitos gigantes numa frente de lavra interditada para a preservação *in situ* dessas estruturas (Fresia Ricardi-Branco *et.al.*, 2009; Gesicki & Santucci, 2011). No Rio de Janeiro, restos de vários tipos de organismos, com destaque aos mamíferos, foram coletados durante e após a operação de uma mina em Itaboraí (Bergqvist *et.al.*, 2009). A figura 1 apresenta alguns dos fósseis encontrados nessas regiões.

Essas ocorrências são reconhecidas pela Comissão Brasileira de Sítios Geológicos e Paleobiológicos¹ (SIGEP) como sítios paleontológicos, pois nelas, além do conteúdo fóssil, também são relevantes os dados petrográficos e estratigráficos que permitem a compreensão de eventos geológicos regionais e globais.

¹ Disponível em <http://sigep.cprm.gov.br/>.

Com o avanço do conhecimento, os depósitos fossilíferos tornaram-se locais prioritários para visitação por parte de pesquisadores, que vislumbram novos achados, e por professores e alunos de graduação e pós-graduação em Geociências, que os utilizam para aulas práticas em saídas de campo.

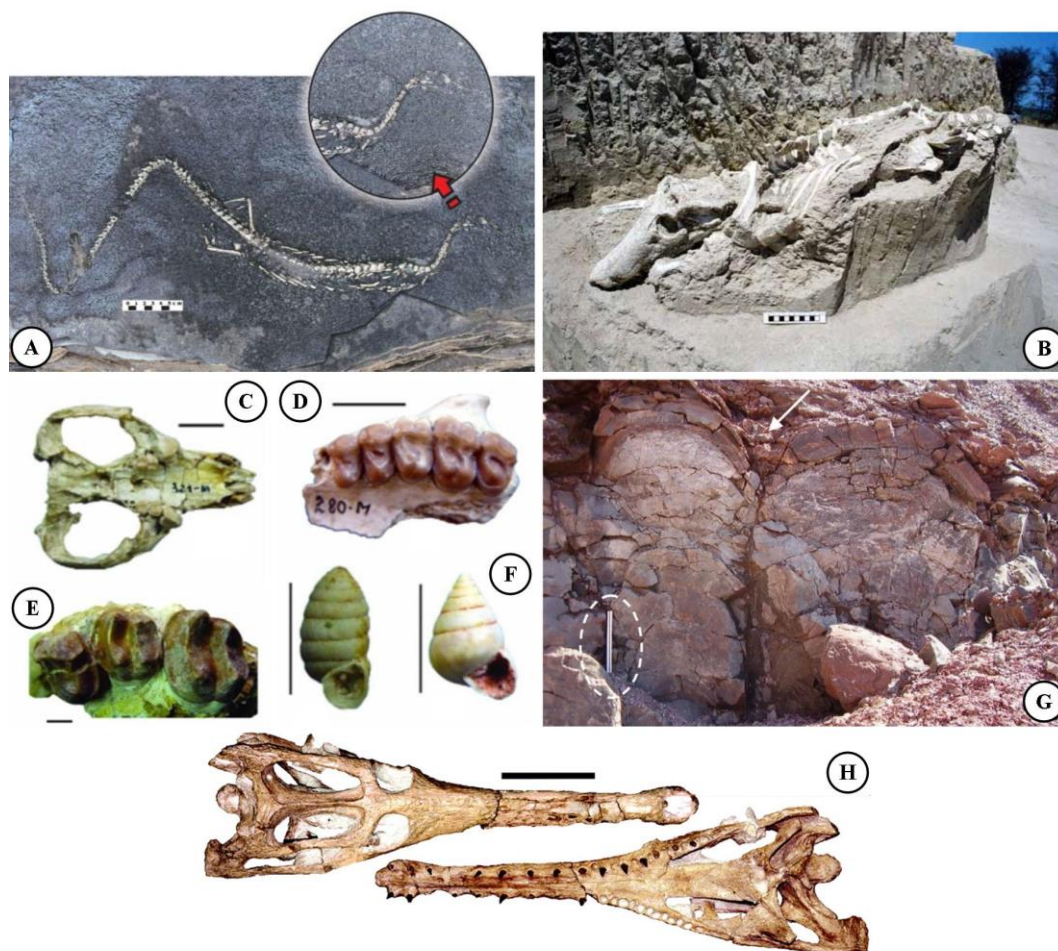


Figura 1: Fósseis brasileiros encontrados com a mineração de calcários: **A**, *Brazilosaurus sampauloensis*, mesossaur encontrado na Pedreira Rio Verde, em Montividiu (GO); **B**, *Uberabasuchus terrificus*, crocodilomorfo encontrado na Caieira Ponto 1 de Price, em Peirópolis, distrito de Uberaba (MG); **C**, crânio do marsupial *Epidolops ameghinoi*, em vista oclusal; **D**, parte da maxila do notoungulado *Colbertia magellanica*; **E**, fragmento de maxila do xenunguado *Carodnia vieirai*; **F**, carapaça do gastrópode *Bulimulus fazendicus*. C a F são fósseis coletados em Itaboraí (RJ); **G**, estromatólitos dômicos de grandes dimensões, encontrados na mina de Santa Rosa de Viterbo (SP). No espaço entre os domos (seta branca), concentram-se fragmentos de ossos de mesossauros; **H**, crânio do crocodilomorfo *Guarinisuchus munizi*, em vista dorsal (acima) e ventral. Foi encontrado na Pedreira Poti, em Paulista (PE). Escalas: A = 5 cm; B e H = 10 cm; C-F = 1 cm, G = 30 cm. Fonte: SIGEP.

O mesmo reconhecimento é dado aos calcários laminados que afloram nas encostas da Chapada do Araripe (Viana e Neumann, 2002),

popularmente conhecidos por sua comercialização como rocha de revestimento, a Pedra Cariri. Estão relacionados ao Membro Crato, uma das subdivisões da Formação Santana, na Bacia (Sedimentar) do Araripe (Assine, 2007).

Segundo Vidal e Padilha (2003), a exploração da Pedra Cariri começou nos anos de 1940. Ela se intensificou na década de 1970 quando, de fato, começou a sua exploração comercial (Castro, 2009). Desde então, foram abertas centenas de pedreiras, concentradas nos municípios de Nova Olinda e Santana do Cariri, no sul do Ceará (figura 2).

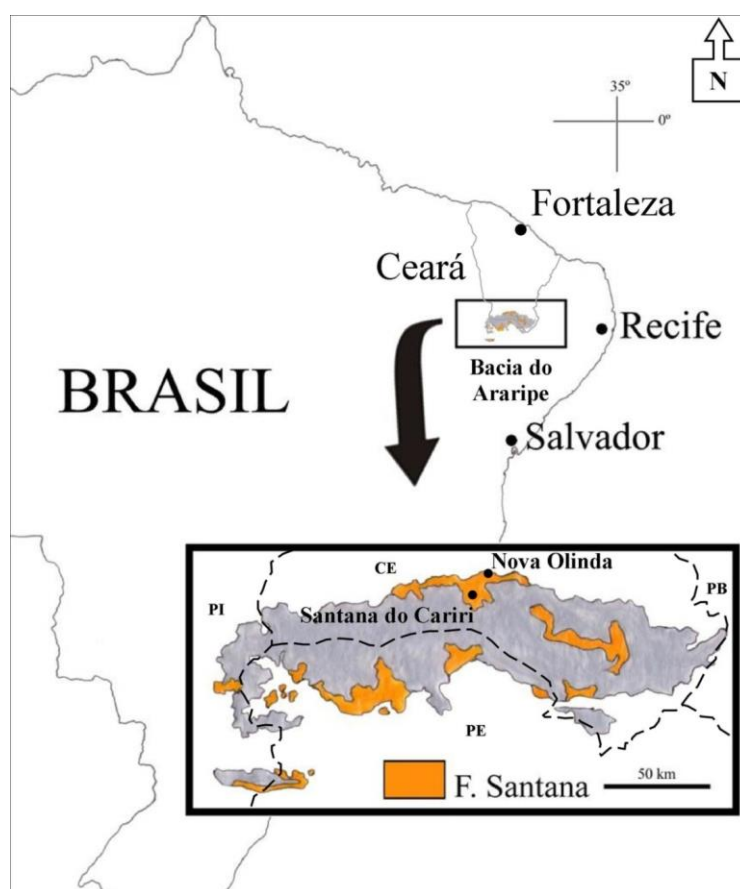


Figura 2: Localização das cidades de Nova Olinda e Santana do Cariri, no sul do Ceará (face norte da Bacia do Araripe), nordeste do Brasil. Modificado de Martine (2013).

Os estudos paleontológicos na Bacia do Araripe foram iniciados com as expedições de naturalistas estrangeiros no século XIX. Somente nas décadas de 1980 e 1990 que o Membro Crato despontou como um extraordinário depósito fossilífero (Carvalho & Santos, 2005; Castro, 2009). O crescimento da mineração da Pedra Cariri foi um dos fatores que

possibilitou a revelação de cada vez mais espécimes, algumas delas ilustradas na figura 3.

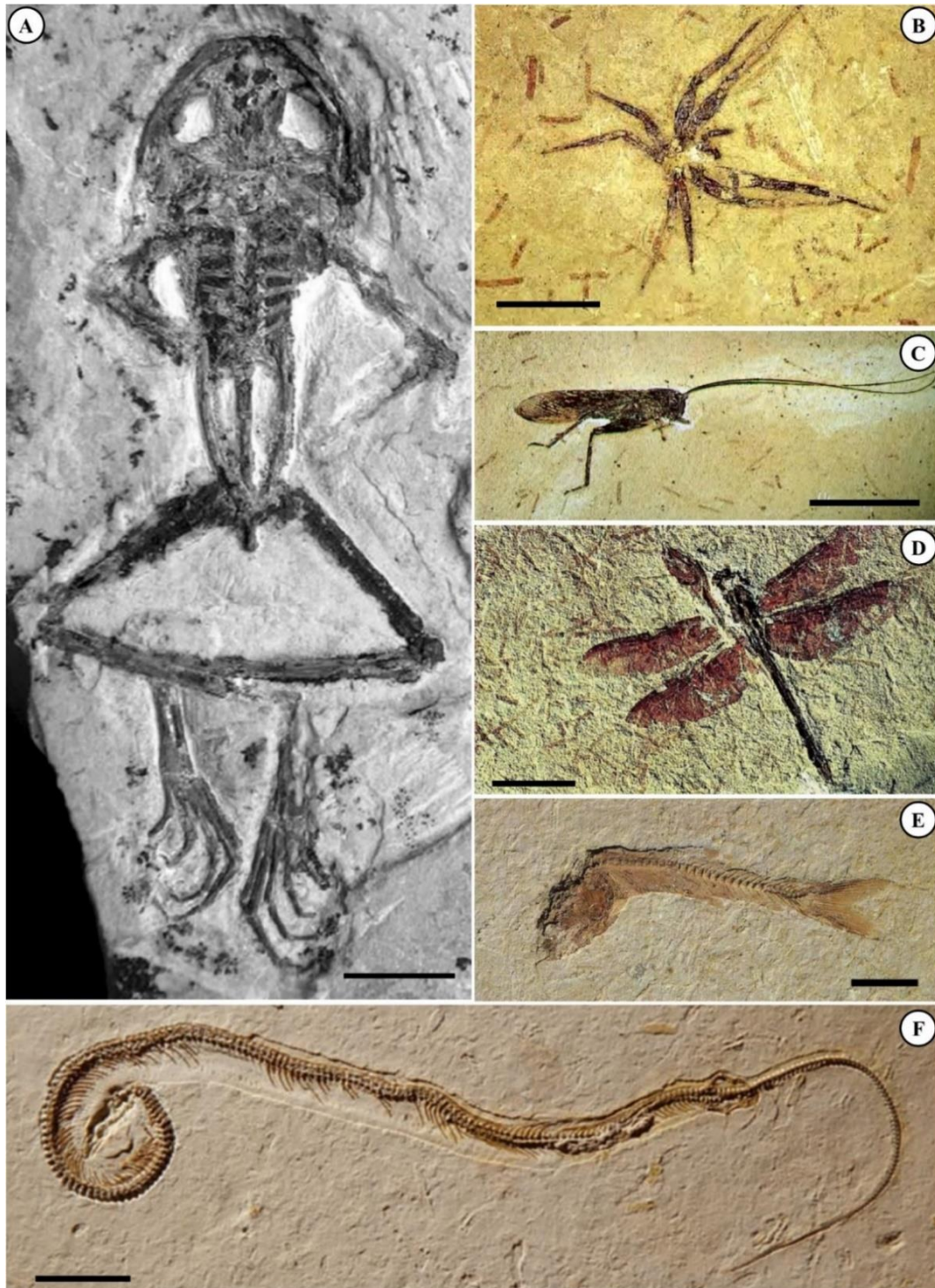


Figura 3: Alguns dos fósseis do Membro Crato: **A**, *Arariphyrnus placidoi*, anuro (Martill *et.al.*, 2007); **B**, aracnídeo (aranha) não identificado; **C**, inseto da Subordem Ensifera (grilo); **D**, inseto da Subordem Anisoptera (libélula). Observar que há um pequeno peixe sobreposto; **E**, *Dastilbe crandallii*, teleósteo (peixe) comumente encontrado no Membro Crato (Maisey, 1991); **F**, *Tetrapodophis amplexus*, um ofídio. Escala A-F: 1 cm. Fontes: Maisey (1991); Martill *et.al.* (2007, 2015).

Levantamento feito por Boos (2007) apontou uma assembleia fóssil composta de restos de vertebrados (peixes – os mais abundantes, anfíbios e répteis – lagartos, crocodilianos, dinossauros, pterossauros e um ofídio), invertebrados (insetos – os mais diversos, aracnídeos e crustáceos), vegetais (pteridófitas, gimnospermas e angiospermas), microfósseis (ostracodes e conchostráceos) e icnofósseis (coprólitos, pegadas e rastros).

A diversidade, quantidade e o excepcional grau de preservação dos fósseis – não raro se observam tecidos moles fossilizados – são características que tornaram o Membro Crato um depósito fossilífero mundialmente reconhecido – *Fossil Konservat Lagerstätten* – do Período Cretáceo (Maisey, 1991; Martill, 1993; Viana e Neumann, 2002; Carvalho & Santos, 2005; Martill *et.al.*, 2007).

Apesar dos achados fósseis extraordinários, em função da exploração dos calcários laminados, essa ainda é vista de forma controversa e conflitiva. É controversa por ter se tornado uma importante atividade econômica em Nova Olinda e Santana do Cariri, mesmo sendo desenvolvida, até meados dos anos 2000, em um cenário onde predominou a informalidade. A produção da Pedra Cariri se tornou a base da economia desses municípios (Vidal e Padilha, 2003; Castro, 2009). Já os conflitos estão relacionados ao fato de não terem sido realizados os levantamentos técnicos, ambientais e econômicos necessários à adequada formalização, o que ocasionou impactos ao meio ambiente e gerou o desperdício de grande volume do material explotado (Vidal e Padilha, 2003; Vidal *et.al.*, 2005; Castro, 2009).

Com a implantação do Arranjo Produtivo Local (APL) de Calcários do Cariri² entre 2005 e 2009, buscou-se formalizar a produção da Pedra

² O Governo Brasileiro à época, com base na soberania sobre os recursos naturais, no desenvolvimento sustentável das atividades extrativas e no reconhecimento da importância socioeconômica da produção da Pedra Cariri nos municípios de Nova Olinda e Santana do Cariri, buscou, com o APL de Calcários do Cariri, projeto coordenado pelo Centro de Tecnologia Mineral (CETEM), unidade de pesquisa do Ministério de Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI), formalizar os micros, pequenos e médios produtores da

Cariri, agregando a ela maior valor econômico. As ações desenvolvidas no âmbito desse APL visaram o aumento do número de empregos diretos e indiretos na atividade mineral local, a diminuição de acidentes de trabalho e dos danos à saúde dos trabalhadores, a redução das áreas degradadas pela mineração e aumento do preço de venda da produção. (Castro, 2009; Vidal, 2009; Vidal, 2010).

Ainda sob a ótica conflitiva, a mineração dos calcários laminados é inaceitável para muitos paleontólogos (Vidal *et.al.*, 2008). Além do risco de destruição de exemplares durante a lavra e beneficiamento da Pedra Cariri, o cenário de informalidade se tornou atrativo para práticas criminosas³, como a usurpação, a receptação e o contrabando de exemplares fósseis, reconhecidos na legislação brasileira como bens da União⁴.

A ilegalidade, estimulada e executada por comerciantes e traficantes de fósseis, têm logrado determinado êxito devido à falta de acompanhamento técnico qualificado nas frentes de lavra e à capacidade fiscalizatória insuficiente tanto da atividade minerária quanto do controle aduaneiro. Com isso, espécimes de destacada importância científica acabam integrando coleções de instituições de ensino e pesquisa no exterior, sendo descritas por pesquisadores estrangeiros (Kellner, 2015). Isto quando não são encontradas em coleções particulares.

O APL de Calcários do Cariri também buscou a adoção de medidas em relação à problemática dos fósseis encontrados nos calcários laminados. Vidal e Campos (2007) citam a realização de cursos, palestras

Pedra Cariri junto ao órgão regulador da atividade minerária (DNPM) e órgãos licenciadores do meio ambiente (SEMACE e IBAMA). A formalização foi baseada no cooperativismo como modelo produtivo e na adoção de tecnologias e inovações que visaram a diminuição das perdas e dos impactos ambientais advindos da produção, além do aumento do valor agregado à Pedra Cariri (Vidal *et.al.*, 2008; Castro, 2009; Vidal, 2010).

³ O crime de usurpação está previsto no art. 2º da Lei nº 8.176/1991 (Brasil, 1991). A receptação e o contrabando são previstos nos arts. 180 e 334-A do Decreto-Lei nº 2.848/1940 – Código Penal (Brasil, 1940).

⁴ Os espécimes fósseis e os depósitos fossilíferos brasileiros são bens da União, nos termos do art. 20, I e X, da Constituição Federal de 1988 (Brasil, 1988), combinado com o Decreto-Lei nº 4.146/1942 (Brasil, 1942). No âmbito do DNPM, tal posicionamento é ratificado pelo Parecer nº 107/2010/FM/PROGE/DNPM (DNPM, 2010).

e seminários de conscientização do valor científico e educacional dos fósseis e de técnicas de coleta e preservação dos mesmos. Os autores citam também a tentativa de celebração de um Termo de Ajustamento de Conduta (TAC) entre os produtores, o DNPM, o IBAMA e a SEMACE, no qual se buscava garantir a preservação do patrimônio concomitantemente à exploração do calcário laminado. Contudo, não houve a celebração do termo por dificuldades de ordem burocrática (Vidal, 2010).

Todavia, a questão chave para o adequado salvamento de fósseis em áreas de mineração, impedindo a sua destruição ou destinação inadequada e coibindo eventuais ilícitos, é a presença e o acompanhamento da lavra por paleontólogos. São eles os profissionais aptos a realizar a identificação e adequada coleta dos espécimes exumados, bem como a sua destinação às instituições científicas nacionais.

Observadas as Normas Reguladoras da Mineração (NRM), constantes na Portaria nº 237/2001 do Diretor-Geral do DNPM (Brasil, 2001), é previsto que em caso de ocorrência de fósseis na área de lavra, o empreendedor deverá interditá-la e comunicar ao DNPM, que emitirá um parecer conclusivo (item 1.5.12 da NRM 01 – Normas Gerais)⁵.

No entanto, esse comando se mostra pouco efetivo, pois o empreendedor é refratário ao seu cumprimento. As alegações para tal são o desconhecimento do valor científico advindo dos fósseis e o receio de ter sua atividade devido à interdição.

Independente disso, ao se estabelecer um procedimento que melhor defina e regule o previsto no item 1.5.12, com base em diretrizes técnicas e suporte legal que permitam uma maior efetividade ao comando, espera-se que o fato de se encontrar fósseis numa área de lavra deixe de ser uma

⁵ 1.5.12 Em caso de ocorrência de fósseis ou materiais de interesse arqueológico o empreendedor deve interditar a área e comunicar ao DNPM que emitirá parecer conclusivo.

situação conflituosa e se torne uma oportunidade de promover a adequada extração (coleta) e destinação dos fósseis.

Simões e Caldwell (2015) afirmam que a Paleontologia invariavelmente necessita da obtenção de espécimes para o desenvolvimento de grande parte das suas linhas de pesquisa. Se levada em conta a capacidade de desmonte de uma lavra de rochas com potencial fossilífero, é oportuno que haja o acompanhamento e a eventual coleta de fósseis porventura exumados.

Buscou-se tratar o exemplo dos calcários laminados do Membro Crato, no sul do Ceará, devido à particularidade dessas rochas serem tanto um excepcional depósito fossilífero brasileiro quanto um recurso mineral cuja exploração é uma importante atividade econômica para os municípios onde é desenvolvida.

Por essa razão, e por serem depósitos fossilíferos e recursos minerais reconhecidos como bens da União na Constituição Brasileira de 1988 (art. 20, incisos I e X, e inciso IX, respectivamente), estabeleceu-se uma situação conflituosa na qual o DNPM tem, por atribuição legal, buscar a pacificação. Um passo decisivo para tal é estabelecer um regramento efetivo para o item 1.5.12 das NRM.

2. Objetivos

O presente trabalho tem por objetivo definir uma linha de ação para regramento do item 1.5.12 das NRM. Com isso, será adotada a coleta sistemática de fósseis (salvamento paleontológico) concomitantemente à lavra de recursos minerais.

Pretende-se alcançar a coexistência entre a exploração de recursos minerais e a coleta e salvaguarda de espécimes fósseis, reconhecidos como bens da União e primordiais ao avanço do conhecimento paleontológico, ou seja, possuidores de intrínseco valor científico.

Para se atingir tal linha de ação é necessário:

- (i) Entender como a legislação brasileira em vigor aborda a extração (coleta) de espécimes fósseis encontrados nos depósitos fossilíferos brasileiros;
- (ii) Apontar os conflitos originados com a exploração de recursos minerais que contém fósseis. A lavra dos calcários laminados (Pedra Cariri) nos municípios de Nova Olinda e Santana do Cariri, sul do Estado do Ceará, será apresentada como exemplo.

3. Materiais e Métodos

O presente trabalho é de natureza descritiva e propositiva, com base no estudo aplicado da exploração dos calcários laminados e produção da Pedra Cariri, no sul do Estado do Ceará.

A elaboração desse documento foi baseada na pesquisa da literatura técnico-científica e legislação afeta à concessão de direitos minerários e à proteção de depósitos fossilíferos.

Dados e informações primárias porventura utilizados foram obtidos no decorrer de vistorias nas áreas de lavra do calcário laminado, no período de maio de 2008 a agosto de 2015, quando em serviço pelo DNPM (acompanhado por pessoal do Escritório Regional do Crato, subordinado ao DNPM/CE).

Foram pesquisados artigos científicos publicados em periódicos especializados, relatórios técnicos de órgãos federais e estaduais, dissertações de mestrado, teses de doutorado e livros técnicos e científicos relacionados ao assunto.

Quanto à legislação, foram estudadas a Constituição da República Federativa do Brasil de 1988, leis, decretos-leis e decretos do Poder Executivo Federal, além de portarias já expedidas pelo DNPM.

A maioria dos documentos técnico-científicos e da legislação estão disponíveis na internet. O acesso se deu por pesquisa direta na web ou via Portal CAPES, disponibilizado pela Divisão de Bibliotecas e Documentação da Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (PUC-Rio) (http://testaremoto.dbd.puc-rio.br/area_restrita.php?a=1).

4. Conceitos Técnicos e Aspectos Legais

Para se apontar diretrizes norteadoras de uma proposta normativa precisa e aplicável, que venha a regular a coleta sistemática de fósseis no decorrer da atividade minerária, antes é necessário o entendimento de alguns conceitos inerentes ao assunto e da legislação vigente.

A Paleontologia (do grego *palaios* = antigo + *ontos* = ser + *logos* = estudo) é a ciência que tem nos fósseis (do latim *fossilis* = extraído da terra) seus elementos de estudo. Com eles é possível inferir sobre o desenvolvimento da vida ao longo do tempo geológico, bem como entender os processos que permitiram a sua formação e preservação no registro geológico.

Cassab (2004) afirma que “a história dos fósseis é também a história da migração dos continentes, das mudanças climáticas, das extinções em massa e das modificações ocorridas na fauna e na flora ao longo do tempo geológico”.

Mas, o que são fósseis? Mendes (1982) afirma que são restos ou vestígios de animais e plantas preservados em rochas ou outros meios geológicos. Apesar de correta, está incompleta, pois despreza outras formas de vida – como organismos unicelulares – também encontradas no registro fóssil (microfósseis). Tomassi & Almeida (2011) abordaram o tema e mostraram que são várias as tentativas de se conceituar fósseis, sendo muitas delas imprecisas e polêmicas.

Na Portaria nº 155/2016 do Diretor-Geral do DNPM (Brasil, 2016), fóssil é definido como o resto, vestígio ou o resultado da atividade de organismo que tenha mais de 11.000 anos ou, no caso de um organismo extinto, sem limite de idade. Encontra-se preservado em qualquer sistema natural (como rochas, sedimentos, solos, cavidades, âmbar ou gelo) e deve ser prioritariamente destinado a museus e estabelecimentos de ensino e pesquisa, para uso científico, educacional e/ou didático.

Um sistema natural que contém fósseis, por sua vez, define um depósito fossilífero. No caso de rochas sedimentares e sedimentos, agrupados em unidades litoestratigráficas (formação, membro ou camada) com base nos princípios da Estratigrafia⁶, depreende-se que cada uma dessas unidades definirá um depósito fossilífero, como é o caso do Membro Crato, na Bacia do Araripe.

Todavia, os calcários laminados fossilíferos que compõem o Membro Crato são, igualmente, recursos minerais lavrados e beneficiados para a produção da Pedra Cariri, rocha de revestimento cuja comercialização é uma importante fonte de renda para os municípios de Nova Olinda e Santana do Cariri.

A exploração dos recursos minerais tem seu marco regulatório no Decreto-Lei nº 227/1967, o Código de Mineração (CM) (Brasil, 1967). Sua execução, bem como da legislação que o complementa, é delegada ao DNPM. Em seu art. 3º é previsto o que o CM regula:

- (i) Os direitos sobre as massas individualizadas de substâncias minerais (elementos nativos, óxidos, hidróxidos, silicatos, sulfetos, sulfatos, carbonatos, fosfatos, haletos, etc.) ou fósseis (carvão, petróleo e gás natural), aflorante à superfície ou presente em subsuperfície, e que tenha valor econômico. Estes são os recursos minerais brasileiros;
- (ii) O regime de aproveitamento dos recursos minerais, previstos no art. 2º: de concessão, de autorização, de licenciamento, de permissão de lavra garimpeira e de monopolização; e
- (iii) A fiscalização, pelo Governo Federal, da pesquisa, da lavra e de outros aspectos da indústria mineral.

⁶ Do Glossário Geológico do IBGE (1999): Estratigrafia é ciência que estuda a sucessão original e a idade das rochas estratificadas, assim como as suas formas, distribuição, composição litológica, conteúdo paleontológico, propriedades geofísicas e geoquímicas, ou seja, de todos os caracteres, propriedades e atributos das mesmas como estratos, buscando inferir os seus ambientes de origem e sua história geológica.

No mesmo CM, afirma-se que serão regidos por leis especiais “os espécimes minerais ou fósseis, destinados a Museus, Estabelecimentos de Ensino e outros fins científicos” (art. 10, III).

A lei especial que rege os espécimes fósseis de valor científico é o Decreto-Lei nº 4.146/1942, que dispõe sobre a proteção dos depósitos fossilíferos. Estes depósitos são reconhecidos propriedades da Nação, e, como tal, a extração dos espécimes fósseis neles encontrados depende da prévia autorização e fiscalização do DNPM (art. 1º).

Todavia, extrações a cargo de museus nacionais e estaduais, e estabelecimentos oficiais congêneres (como universidades, institutos e demais órgãos de pesquisa das esferas federal e estadual) estão isentas de tal autorização. Em casos assim, a formalização é feita por uma prévia comunicação do pesquisador responsável ao DNPM (art. 1º, parágrafo único).

Como os fósseis são os elementos primordiais ao desenvolvimento da pesquisa paleontológica, e que se tratam de bens da União, o DNPM não autoriza sua extração para fins comerciais, restringindo a autorização somente para a finalidade científica e/ou didática (quando realizada no contexto de aulas práticas de cursos voltados para as ciências da Terra), cuja destinação do material coletado será dada às instituições de ensino e pesquisa.

Sendo assim, a outorga de direitos minerários (Autorização de Pesquisa, Guia de Utilização, Portaria de Lavra – ou Manifesto de Mina –, Registro de Licença ou Permissão de Lavra Garimpeira) permite ao minerador a exploração do recurso mineral de interesse, mas não dos espécimes fósseis nele porventura encontrados, pois se tratam de bens da União distintos, como bem afirmaram Vidal e Campos (2007).

Por meio do já mencionado item 1.5.12 das NRM, o DNPM, ao ser informado pelo minerador – então detentor de um direito minerário – da

ocorrência de fósseis na área de lavra, deverá, em seu parecer, exigir, via de regra, a apresentação de um “projeto técnico de salvamento paleontológico” (definido no art. 297, VII, da Portaria nº 155/2016 do Diretor-Geral do DNPM)

Para a execução desse projeto técnico, o(a) paleontólogo(a) responsável deverá atender aos preceitos para a autorização ou comunicação de extração de fósseis contidos na mesma Portaria nº 155/2016, ou seja, estar devidamente autorizado pelo DNPM, ou, caso vinculados a instituições isentas de autorização, após a devida comunicação de extração de fósseis.

Ademais, o projeto técnico de salvamento paleontológico coaduna com o “Projeto Especial” previsto no item 1.5 – Mecanismos e Instrumentos de Informação e Controle das NRM (item 1.5.1, letra I), devendo estar em sintonia com o Plano de Lavra (PL) vigente para o empreendimento no qual será operacionalizado.

5. Os Calcários Laminados (“Pedra Cariri”)

5.1. Contexto Geológico

Os calcários laminados com os quais a Pedra Cariri é produzida são associados ao Membro Crato, unidade basal da Formação Santana, na Bacia (Sedimentar) do Araripe (Assine, 2007).

Localizada entre o sul do Ceará, noroeste de Pernambuco e extremo leste do Piauí (figura 4, B), a Bacia do Araripe se destaca regionalmente pela Chapada do Araripe (em amarelo na figura 4, A), feição geomorfológica na direção E-W e limitada por escarpas erosivas e íngremes. Trata-se de um relevo residual, cujos estratos rochosos estão sub-horizontalizados, com leve mergulho para oeste (Assine, 2007).

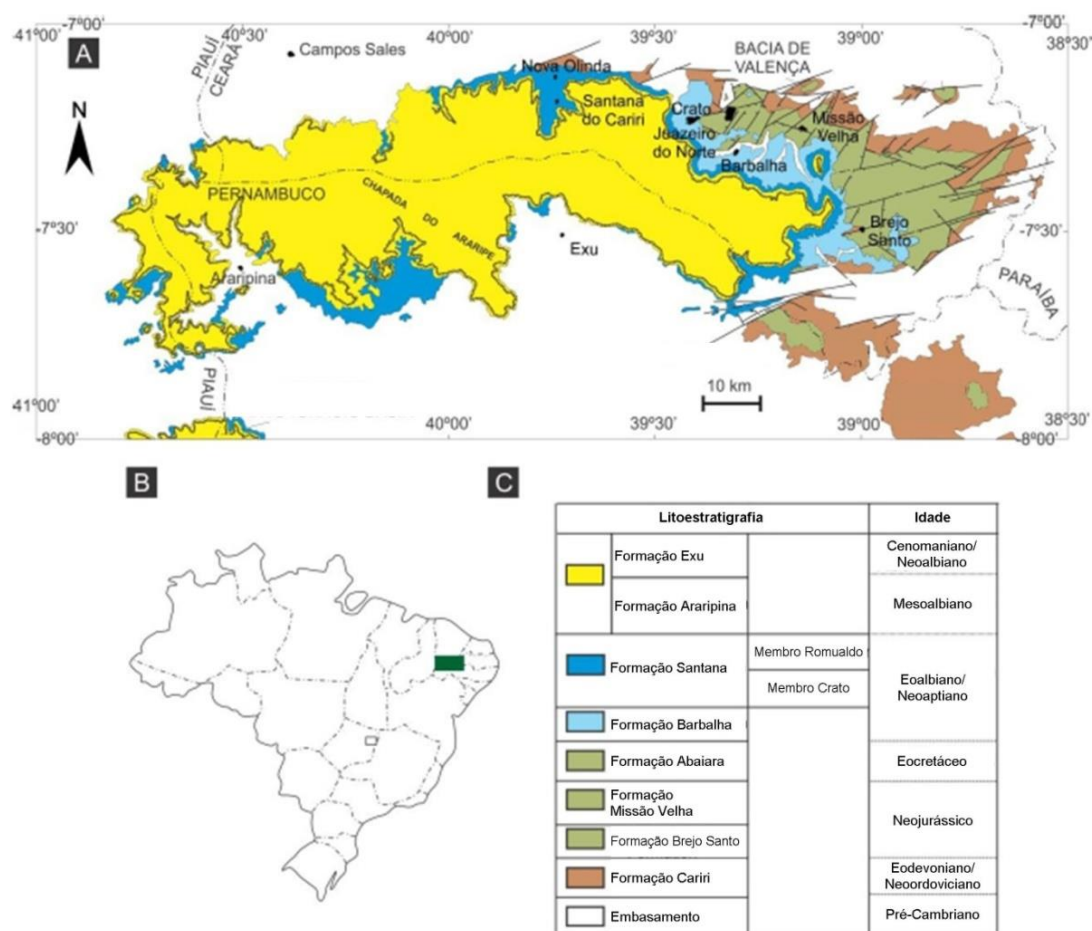


Figura 4: **A**, Mapa Geológico da Bacia do Araripe, segundo Assine (2007). **B**, Localização da Bacia do Araripe no território brasileiro. **C**, Carta estratigráfica simplificada da Bacia do Araripe, com suas unidades litoestratigráficas e respectivas idades. Fonte: adaptado de Oses (2016: pág. 9).

Trata-se de uma das mais estudadas bacias sedimentares brasileiras, com extensa literatura científica a seu respeito. Todavia, em razão da sua história geológica complexa, ainda são muitas as dúvidas e divergências sobre a sua evolução tectono-estratigráfica, litoestratigrafia, cronoestratigrafia e paleogeografia.

Os calcários laminados do Membro Crato⁷ foram sedimentados em ambiente lacustre, num intervalo de tempo estimado entre 120 e 110 milhões de anos (Viana e Neumann, 2002; Assine, 2007), o que os posiciona, na escala de tempo geológico (Cohen *et.al.*, 2017), associados ao Cretáceo Inferior (Neoaptiano/Eoalbiano) e ilustrados na figura 4, item C.

Eles possuem uma estruturação sedimentológica na qual estão divididos em 6 pacotes carbonáticos, denominadas, da base para o topo, de C1 a C6. São pacotes constituídos de calcários micríticos laminados e ritmitos argilo-carbonatados, que se alternam com folhelhos e arenitos finos. Esses ritmitos ocorrem sempre nas bases dos pacotes, sendo recobertos pelos calcários laminados possuidores dos diversos tipos de fósseis (figura 5) (Viana e Neumann, 2002).

Os afloramentos dos calcários laminados, ainda segundo os autores, estão situados à meia encosta ao sopé das escarpas, em pedreiras ou nas margens dos rios que as cortam, nos flancos norte, nordeste, leste e sudeste da chapada, ao longo dos municípios de Nova Olinda, Santana do Cariri, Crato, Barbalha e Porteiras.

Dentre os principais pontos onde se encontram bem expostos estão as pedreiras nos municípios de Nova Olinda e Santana do Cariri. Há outras pedreiras, em bem menor número, nos municípios do Crato e Barbalha. Também são apontados afloramentos na escarpa da Serra do Mãozinha (a leste da chapada) e ao longo de cursos d'água em Porteiras.

⁷ Uma vez que o presente trabalho não é dedicado à abordagem de tal complexidade, o contexto geológico será restrito ao Membro Crato.

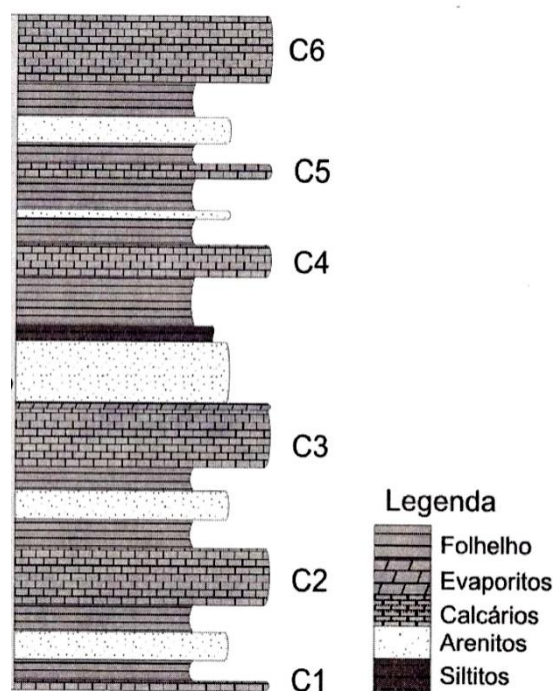


Figura 5: Estruturação sedimentológica do Membro Crato com a representação dos pacotes C1 a C6 (calcários laminados). Fonte: adaptado de Vilas Boas (2012: pág. 24).

5.2. Lavra da Pedra Cariri

Nas pedreiras de Nova Olinda e Santana do Cariri são lavrados os calcários laminados associados ao pacote C6, que formam um corpo tabular único, limitado na base e no topo por níveis de folhelhos. Apresentam extensão lateral e espessuras que variam de 5 e 10 metros. São caracterizados pela maior ocorrência de fósseis no Membro Crato (Viana e Neumann, 2002).

O método de lavra é semi-mecanizado na maior parte das pedreiras, com o desmonte realizado de forma seletiva, a céu aberto, por meio de bancadas baixas descendentes com dimensões de 20 a 30 m de largura, por 30 a 40 m de comprimento (Vidal *et. al.*, 2005; Castro, 2009).

A lavra é iniciada com o uso de escavadeira para a remoção do capeamento (vegetação e camadas de solo fértil, ritmitos e/ou calcário intemperizado). A espessura desse capeamento varia entre alguns centímetros e 15 m, conforme os locais a serem trabalhados.

Alcançado o topo do calcário lavrável, começa a sua extração por meio das bancadas descendentes, em áreas de aproximadamente 90 m², até ser atingida a base da camada ou uma camada de "matracão", material mais duro, que não é aproveitado como rocha de revestimento.

Serras de piso com disco diamantado são utilizadas para cortes verticais no assoalho calcário, formando quadrículas de 50 cm x 50 cm x 15 cm de espessura, que serão manualmente extraídas por meio de uma alavanca com barra de ferro. Como o calcário é laminado, a quadrícula é manualmente subdividido em lajotas com 2 a 3 cm. A taxa de recuperação do material é da ordem de 40% (Vidal *et. al.*, 2008; Castro, 2009).

Nas pedreiras onde o método de lavra ainda é rudimentar, ou seja, sem o uso de serras de piso, após a remoção do capeamento as frentes são delimitadas em pátios com cerca de 20 m². Aproveitada a própria laminação do calcário, utilizam-se talhadeiras para criar um espaço para a colocação de uma alavanca que causará o rompimento da placa entre duas camadas.

Caso haja fraturas na rocha, a quebra se dará em partes alheias à vontade do operador, resultando em placas irregulares, que poderão ser transformadas em ladrilhos ou serem levadas para a pilha de rejeitos, consideravelmente maior (pode chegar a 90%) com o uso desse método (Vidal e Padilha, 2003; Castro, 2009).



Figura 6: **A**, Método de lavra semi-mecanizado, com o uso de serra de piso. **B**, método de lavra rudimentar. Fonte: Vidal *et. al.* (2005).



Figura 7: Pedreira do calcário laminado. Notar a quantidade de rejeito misturado às lajotas de Pedra Cariri. Foto: José Artur Andrade (DNPM/CE).



Figura 8: Frente de lavra. À esquerda, operador com uma serra de piso. Foto: José Artur Andrade (DNPM/CE).

5.3. Beneficiamento da Pedra Cariri

O beneficiamento da Pedra Cariri se inicia na própria frente de lavra, logo após a retirada das placas (bloquetes) e sua divisão em lajotas. Estas, por sua vez, têm as superfícies calibradas manualmente, de forma a remover, com o uso de uma espátula, lâminas milimétricas que deixam a

superfície irregular (Castro, 2009). Nesse momento pode haver a revelação de espécimes fósseis até então não observados.

O passo seguinte é o esquadrejamento nas serrarias. Pedreiras maiores dispõem das serras próprias, enquanto que as menores finalizam seu processo produtivo e partem para a venda a produtores maiores ou compradores externos (Castro, 2009).

Nas serrarias, as lajotas são esquadrejadas em dimensões compatíveis a sua aplicação, nas seguintes especificações: 40 x 40 cm, 50 x 50 cm, 30 x 30 cm, 20 x 20 cm e 15 x 30 cm (Vidal *et. al.*, 2005; Castro, 2009). Em relação aos fósseis, deve-se observar atentamente o momento do corte, pois, caso contrário, poderá obliterar um espécime íntegro em duas ou mais partes, com o risco de suprimir dados importantes para a pesquisa científica (figura 9).



Figura 9: Espécime de pterossauro cuja placa foi inadvertidamente (?) cortada, fragmentando-o. Trata-se de uma das 27 peças de relevante valor paleontológico e científico apreendidas pelo Departamento de Polícia Federal (DPF) em operação de combate ao contrabando. Fonte: Sampaio (2013).

6. O Salvamento Paleontológico nas áreas de mineração

No art. 297 da Portaria nº 155/2016 do Diretor Geral do DNPM, salvamento paleontológico é definido como a extração (coleta) exaustiva de fósseis do local de ocorrência, de modo a mitigar o risco iminente de destruição ou dano irreversível, incluindo, também, as medidas que se fizerem necessárias para a sua curadoria científica.

Nessa mesma portaria está previsto que, sempre que possível, o salvamento paleontológico em áreas de mineração será executado concomitantemente à atividade de lavra (art. 309). Evitar-se-á, dessa forma, a destruição de espécimes fósseis porventura exumados, bem como o seu extravio ou inadequada destinação, questão fundamental para uma coibição efetiva de ilícitos, como o contrabando de fósseis do Membro Crato.

O salvamento será operacionalizado por meio de um projeto técnico (art. 297, VII) da mesma Portaria nº 155/2016, respeitando-se o disposto nos itens 1.5.1 (I), 1.5.1.1, 1.5.2 e 1.5.12 das NRM e no Decreto-Lei nº 4.146/1942.

O projeto técnico de salvamento paleontológico terá sua elaboração e execução a cargo de uma equipe contratada pelo titular do direito minerário. Este, por sua vez, garantirá o suporte financeiro durante todo o período das atividades de coleta e destinação dos espécimes porventura salvos. Também poderão ser consideradas outras formas de parceria, como acordos de cooperação ou convênios entre o empreendedor e instituições de ensino e pesquisa em Paleontologia.

O conteúdo mínimo para o projeto técnico de salvamento paleontológico deverá ser fixado pelo DNPM, preferencialmente em normativo que tenha por objetivo regular o disposto no item 1.5.12 das NRM. Deverá contemplar:

- (i) Identificação da equipe responsável por sua execução. A coordenação dessa equipe obrigatoriamente será de um(a) paleontólogo(a) com comprovada experiência com técnicas de coleta de fósseis (o currículo na Plataforma Lattes do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq). Esse(a) profissional que requererá a prévia autorização (ou efetuará a comunicação de extração de fósseis) ao DNPM, observados os preceitos da Portaria nº 155/2016 do Diretor-Geral do DNPM;
- (ii) Diagnóstico da geologia local, contendo a forma como os fósseis ocorrem nas áreas de lavra: se presentes no capeamento, no minério ou em ambos; na forma de ocorrências isoladas ou agrupadas, concentradas em níveis específicos ou dispersas, etc.;
- (iii) Medidas para o monitoramento das atividades de lavra e beneficiamento (se for o caso) do recurso mineral, em acordo com o Plano de Lavra aprovado pelo DNPM;
- (iv) Medidas para a realização da coleta dos fósseis porventura encontrados durante a lavra ou beneficiamento (se for o caso) do recurso mineral, em acordo com o Plano de Lavra aprovado pelo DNPM;
- (v) Medidas para treinamento dos trabalhadores das frentes de lavra e beneficiamento (se for o caso), capacitando-os para identificar e alertar à equipe de salvamento do achado de espécimes fósseis;
- (vi) Instituição(ões) depositária(s) de todo o material fóssil salvo. Deverá ser apresentada uma carta de aceite da(s) instituição(ões) depositária(s).
- (vii) Cronograma físico e financeiro de execução do projeto, que subsidiará o prazo de vigência da autorização. Será exigido do empreendedor o endosso financeiro para a execução plena do projeto técnico.

Nesse mesmo normativo deverão ser previstas as sanções a serem imputadas aos empreendedores que não atenderem ao item 1.5.12 das NRM ou que não apresentarem o projeto técnico de salvamento paleontológico, em conformidade com o Capítulo XVI – Das Sanções e das Nulidades – do Decreto nº 62.934, de 2 de julho de 1968, que aprova o regulamento do CM (Brasil, 1968).

Ademais, mesmo que esteja com um projeto técnico de salvamento paleontológico vigente, sugere-se que o empreendedor permita eventuais visitas de turmas de professores e alunos de cursos médios e superiores, mesmo estando prevista a coleta de fósseis. Nesse caso, membro da equipe do projeto técnico deverá acompanhar a atividade, sendo-lhe garantida a autoridade para triar e reter algum espécime reconhecido como de maior relevância, que deverá ser entregue a uma das instituições depositárias selecionadas.

Faz-se necessária a especificar esse tipo de ação, pois, no caso das pedreiras do Membro Crato, diversas universidades com cursos de Geologia e/ou Paleontologia, em níveis de graduação e pós-graduação realizam visitas rotineiras a esses locais, durante as quais são realizadas coletas de fósseis.

Na Bacia do Araripe, além da universidade local, a URCA, pelo menos cinco universidades federais (UFRJ, UFC, UFPE, UFRPE, UFRN e UNIVASF) mantêm uma programação de visitas à região, com base em controle mantido pela Divisão de Proteção de Depósitos Fossilíferos do DNPM (dados não publicados). As pedreiras de Nova Olinda e Santana do Cariri são locais comumente visitados durante essas atividades.

7. Conclusões

É comum a ocorrência de fósseis em rochas calcárias. Logo, há de se considerar a possibilidade de se encontrar fósseis no decorrer da lavra dessas rochas.

Nas Portaria nº 237/2001 do Diretor-Geral do DNPM, que aprova as Normas Reguladoras de Mineração, é previsto que, caso ocorra fósseis na área de lavra, o minerador deverá interdita-la e comunicar ao DNPM, que emitirá parecer conclusivo quanto a ações para a continuidade da exploração (item 1.5.12). Nesse parecer conclusivo, via de regra, o DNPM deverá exigir a elaboração de um projeto técnico de salvamento paleontológico, no qual constarão as informações elencadas no item anterior.

O projeto técnico de salvamento paleontológico deverá ser apresentado ao DNPM juntamente com requerimento de autorização (ou comunicação de extração de fósseis) do paleontólogo responsável pela sua execução. Os cronogramas físico e financeiro, bem como as instituições depositárias serão itens fundamentais na avaliação sua avaliação e consequente autorização de extração.

Com as medidas projetadas e aprovadas em execução, entende-se que haverá incremento na segurança pois, com o efetivo monitoramento, será evitada a destruição e o desvio de exemplares porventura encontrados, que ficarão sob os cuidados da equipe de salvamento.

Espera-se ainda alcançar a redução de ilegalidades com relação à extração dos fósseis, como aquelas observadas para os calcários laminados do Membro Crato, uma vez que a atuação de equipe de experts nas frentes de lavra possibilitará o direcionamento dos espécimes para as instituições responsáveis por sua salvaguarda.

Sugere-se que o procedimento para a operacionalização do item 1.5.12 das NRM seja formalizado num normativo do DNPM. Com isso as ações serão uniformizadas e estendidas para todos os empreendimentos minerários situados no território brasileiro e com ocorrência de fósseis.

Será fundamental que o DNPM, por meio das suas unidades descentralizadas (superintendências estaduais e escritórios regionais) acompanhe os primeiros passos da execução desse procedimento, e que seja capaz de assimilar rapidamente essa nova realidade para, de forma ágil, corrigir eventuais pontos de discordância.

Por fim, espera-se que com a operacionalização do aqui proposto, o DNPM, os empreendedores do setor mineral e os profissionais da Paleontologia possam construir uma maior interação e sinergia entre exploração mineral e pesquisa paleontológica, traduzida em desenvolvimento científico e maior sustentabilidade na mineração.

8. Referências Bibliográficas

ARAÚJO-BARBARENA, D. C.; LACERDA FILHO, J. V.; TIMM, L. L. Mesossauro da Serra do Caiapó (Montividiu), GO – Um vertebrado fóssil típico do Paleozóico Superior, importante na história da Deriva Continental. *In*: Schobbenhaus, C.; Campos, D. A.; Queiroz, E. T.; Winge, M. & Berbert-Born, M. L. C. (eds.). **Sítios Geológicos e Paleontológicos do Brasil**. Brasília: DNPM/CPRM – Comissão Brasileira de Sítios Geológicos e Paleobiológicos (SIGEP), v. 1, p. 81-85, 2002.

ASSINE, M. L. Bacia do Araripe. **Boletim de Geociências da Petrobras**, Rio de Janeiro, 15(2): 371-389, 2007.

BARBOSA, J. A., KELLNER, A. W. A.; VIANA, M. S. S. New dyrosaurid crocodylomorph and evidences for faunal turnover at the K-P transition in Brazil. **Proceedings of the Royal Society B**, 275: 1385-1391, 2008. Disponível em: <<http://doi:10.1098/rspb.2008.0110>>. Acesso em 09/12/2016.

BERGQVIST, L. P.; MANSUR, K.; RODRIGUES M. A.; RODRIGUES-FRANCISCO, B. H.; PEREZ, R. A. R.; BELTRÃO, M. C. M. C. Bacia São José de Itaboraí, RJ – Berço dos mamíferos no Brasil. *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**. Brasília: CPRM, v. 2, p. 413-432, 2009.

BOOS, A. D. S. **Levantamento Bibliográfico da Paleofauna de Vertebrados registrada na Formação Santana (Cretáceo, Bacia do Araripe), e comentários acerca do Patrimônio Fossilífero Brasileiro**. Curitiba, Departamento de Geologia, Universidade Federal do Paraná. *Monografia*, 66 p., 2007.

BRASIL. 1940. Decreto-Lei nº 2.848, de 07 de dezembro de 1940. **Código Penal**. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto-lei/Del2848.htm>. Acesso em 27/01/2017.

BRASIL. 1942. Decreto-Lei nº 4.146, de 4 de março de 1942. Dispõe sobre a proteção dos depósitos fossilíferos. **Diário Oficial dos Estados Unidos do Brasil**, Rio de Janeiro, nº 54, seção 1, p. 3533, 1942.

BRASIL. 1967. Decreto-Lei nº 227, de 28 de fevereiro de 1967. **Dá nova redação ao Decreto-lei nº 1.985, de 29 de janeiro de 1940. (Código de Minas)**. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto-lei/Del0227_compilado.htm>. Acesso em 25/01/2017.

BRASIL. 1968. Decreto nº 62.934, de 2 de julho de 1968. **Aprova o Regulamento do Código de Mineração**. Disponível em:

<http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/1950-1969/D62934.htm>. Acesso em 25/01/2017.

BRASIL. 1988. **Constituição da República Federativa do Brasil: texto constitucional promulgado em 5 de outubro de 1988, com as alterações adotadas pelas Emendas Constitucionais n^{os} 1/1992 a 68/2011, pelo Decreto Legislativo n^o 186/2008 e pelas Emendas Constitucionais de Revisão n^{os} 1 a 6/1994**. Brasília: Câmara dos Deputados, Edições Câmara, 35^a ed., 454 p., 2012.

BRASIL. 1991. Lei n^o 8.176, de 8 de fevereiro de 1991. Define crimes contra a ordem econômica e cria o Sistema de Estoques de Combustíveis. **Coleção das Leis da República Federativa do Brasil**, Brasília, v. 183, n^o 1, p. 88-89.

BRASIL. 2001. Departamento Nacional de Produção Mineral. Portaria n^o 237, de 18 de outubro de 2001. **Aprova as Normas Reguladoras de Mineração – NRM, de que trata o Art. 97 do Decreto-Lei n^o 227, de 28 de fevereiro de 1967**. Disponível em: <<http://www.dnpm.gov.br/aceso-a-informacao/legislacao/portarias-do-diretor-geral-do-dnpm/portarias-do-diretor-geral/portaria-no-237-em-18-10-2001-do-diretor-geral-do-dnpm>>. Acesso em 25/01/2017.

BRASIL. 2010. Departamento Nacional de Produção Mineral. Parecer n^o 107/2010/FM/PROGE/DNPM, de 05 de abril de 2010. **Atribuições do DNPM em matéria de fósseis e sítios de valor paleontológico encontrados em território brasileiro**. Disponível em: <http://www.dnpm.gov.br/aceso-a-informacao/legislacao/pareceres/pareceres-proge/2010-107-parecer_proge_107_2010.pdf/view>. Acesso em 25/01/2017.

BRASIL. 2016. Departamento Nacional de Produção Mineral. Portaria n^o 155, de 12 de maio de 2016. **Aprova a Consolidação Normativa do DNPM e revoga os atos normativos consolidados**. Disponível em: <<http://www.dnpm.gov.br/aceso-a-informacao/legislacao/portarias-do-diretor-geral-dodnrm/portarias-do-diretor-geral/portaria-dnrm-no-155-de-2016>>. Acesso em 25/01/2017.

CARVALHO, M. S. S.; SANTOS, M. E. C. M. Histórico das pesquisas paleontológicas na Bacia do Araripe, nordeste do Brasil. **Anuário do Instituto de Geociências**. Rio de Janeiro, v. 28, n. 1, p. 15-34, 2005.

CASSAB, R. C. T. Objetivos e Princípios. *In*: Carvalho, I.S. **Paleontologia**. Rio de Janeiro, Ed. Interciência, 2^a ed. Vol. 1, p. 3-11, 2004.

CASTRO, N. F. **Planejamento e Ordenamento das Atividades de Mineração de Calcários no Arranjo Produtivo Local do Cariri – CE**. 2009. Dissertação (Mestrado em Geologia) – Instituto de Geociências,

Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2009. Disponível em: <http://ppgl.geologia.ufjr.br/media/pdfs/Nuria_Castro_Mestrado_2009.pdf>. Acesso em 08/03/2017.

COHEN, K. M.; FINNEY, S. C.; GIBBARD, P. L. & FAN, J.-X. **The ICS International Chronostratigraphic Chart**. Disponível em: <<http://www.stratigraphy.org/ICSchart/ChronostratChart2017-02.pdf>>. Acesso em: 10/03/2017.

FRESIA RICARDI-BRANCO, F.; CAIRES, E. T.; SILVA, A. M. Campo de Estromatólitos Gigantes de Santa Rosa de Viterbo, SP - Excelente registro do litoral do mar permiano Irati, Bacia do Paraná, Brasil. *In*: Winge, M.; Schobbenhaus, C.; Berbert-Born, M.; Queiroz, E. T.; Campos, D. A.; Souza, C. R. G.; Fernandes, A. C. S. (Edit.) **Sítios Geológicos e Paleontológicos do Brasil**. Brasília: CPRM, v. 2. p. 371-380, 2009.

GESICKI, A. L. D.; SANTUCCI, R. M. Mineração e Geoconservação: o Sítio Paleontológico de Santa Rosa de Viterbo, SP. **Revista do Instituto Geológico**. São Paulo, v. 32 (1/2), p. 41-53, 2011.

IBGE. **Glossário Geológico**. Rio de Janeiro: Departamento de Recursos Naturais e Estudos Ambientais, 214 p., 1999. Disponível em: <<http://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/monografias/GEBIS%20-%20RJ/glossariogeologico.pdf>>. Acesso em 27/01/2017.

KELLNER, A. Apresentação: para onde caminha a paleontologia brasileira?. **Ciência e Cultura**, São Paulo, v. 67, n. 4, p. 20-24, 2015. Disponível em: <http://cienciaecultura.bvs.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0009-67252015000400009&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 09/03/2017. <<http://dx.doi.org/10.21800/2317-66602015000400009>>.

MAISEY, J. G. **Santana Fossils. An Illustrated Atlas**. New Jersey, Neptune: Tropical Fish Hobbyist Publications, 459 p., 1991.

MANSUR, K. L.; PONCIANO, L. C. M. O.; CASTRO, A. R. S. F.; CARVALHO, I. S. Conservação e restauro do patrimônio geológico e sua relevância para a geoconservação. **Boletim Paranaense de Geociências**, volume 70, p. 137-155, 2013. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.5380/geo.v70i0.31871>>. Acesso em 28/03/2017.

MARTILL, D. M. **Fossil of the Santana and Crato formations, Brazil**. Paleontological Association, Field Guide to Fossils, n. 5, 159 p., 1993.

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

MARTILL, D. M.; TISCHLINGER, H; LONGRICH, N. R. A four-legged snake from the Early Cretaceous of Gondwana. **Science**, 349: 416-419, 2015. Disponível em: <<http://doi:10.1126/science.aaa9208>>. Acesso em 09/12/2016.

MARTINE, A. M. **Reconstituições de Cenários Paleoambientais Cretácicos – Membro Crato (Formação Santana, Bacia do Araripe) e Formação Adamantina (Bacia Bauru)**. 2013. Dissertação (Mestrado em Geociências e Recursos Naturais) – Instituto de Geociências, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2013. Disponível em: <http://repositorio.unicamp.br/bitstream/REPOSIP/287316/1/Martine%2C%20Ariel%20Milani_M.pdf>. Acesso em 08/03/2017.

MENDES, J. C. **Paleontologia Geral**. São Paulo: Editora Livros Técnicos e Científicos, 2ª ed., 368 p., 1982.

OSSES, G. L. **Tafonomia de grupos fósseis do Membro Crato (Formação Santana, Bacia do Araripe, Eocretáceo, NE do Brasil): implicações geobiológicas, paleoecológicas e paleoambientais**. 2016. Dissertação (Mestrado em Geotectônica) – Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2016. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/44/44141/tde-27032017-152718/>>. Acesso em 08/03/2017.

RIBEIRO, L. C. B.; CARVALHO, I. S. Peirópolis e Serra da Galga, Uberaba, MG. *In*: Winge, M.; Schobbenhaus, C.; Berbert-Born, M.; Queiroz, E. T.; Campos, D. A.; Souza, C. R. G.; Fernandes, A. C. S. (Edit.) **Sítios Geológicos e Paleontológicos do Brasil**. Brasília: CPRM, v. 2. p. 389-402, 2009.

SAMPAIO, L. **Polícia apreende 27 placas de fósseis no interior de São Paulo**. Folha de S. Paulo, São Paulo, 08 out. 2013. Disponível em: <<http://www1.folha.uol.com.br/cotidiano/2013/10/1353434-policia-apreende-27-placas-de-fosseis-no-interior-de-sao-paulo.shtml>>. Acesso em 20/03/2017.

SILVA, J. O. **Produto RT 38 - Perfil do Calcário**. MME/Banco Mundial, Projeto de Assistência Técnica ao Setor de Energia. 56 p., 2009. Disponível em: <http://www.mme.gov.br/documents/1138775/1256650/P27_RT38_Perfil_do_Calcario.pdf/461b5021-2a80-4b1c-9c90-5ebfc243fb50>. Acesso em 01/03/2017.

SIMÕES, T. R.; CALDWELL, M. W. **Fósseis e legislação: breve comparação entre Brasil e Canadá**. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.21800/2317-66602015000400016>>. Acesso em 02/03/2017.

TOMASSI, H. Z.; ALMEIDA, C. M. O que é fóssil? Diferentes conceitos na paleontologia. *In: XXII Congresso Brasileiro de Paleontologia*, Natal. Atas, p. 143-147, 2011.

VIANA, M. S. S.; NEUMANN, V. H. L. Membro Crato da Formação Santana, Chapada do Araripe, CE. Riquíssimo registro de fauna e flora do Cretáceo. *In: Schobbenhaus, C.; Campos, D. A.; Queiroz, E. T.; Winge, M. & Berbert-Born, M. L. C. (eds.). Sítios Geológicos e Paleontológicos do Brasil*. Brasília: DNPM/CPRM – Comissão Brasileira de Sítios Geológicos e Paleobiológicos (SIGEP), v. 1, p. 113-120, 2002.

VIDAL, F. W. H.; PADILHA, M. W. M. A Indústria Extrativa da Pedra Cariri no Estado do Ceará: Problemas x Soluções. *In: IV Simpósio de Rochas Ornamentais do Nordeste*, Fortaleza, *Livro*, p. 199-210, 2003.

VIDAL, F. W. H.; PADILHA, M. W. M.; OLIVEIRA, R. R. Aspectos geológicos da Bacia do Araripe e do aproveitamento dos rejeitos da Pedra Cariri. *In: V Simpósio de Rochas Ornamentais do Nordeste*, Recife, *Anais*, p. 31-36, 2005.

VIDAL, F. W. H.; CAMPOS, D. A. Explotando Calcário e Salvando Fósseis na Chapada do Araripe. *In: III Congresso Brasileiro de Rochas Ornamentais/VI Simpósio de Rochas Ornamentais do Nordeste*, Natal, *Anais*, p. 306-316, 2007.

VIDAL F. W. H.; CASTRO, N. F.; CAMPOS A. R.; PEITER, C. C. Arranjo produtivo local da Pedra Cariri. *In: Encontro sobre Prevenção e Gestão de Conflitos na Mineração*, Santiago, Chile, 20p., 2008. Disponível em: <<http://www.cetem.gov.br/images/congressos/2008/CAC00310008.pdf>>. Acesso em 08/03/2017.

VIDAL, F. L. 2010. **Oportunidades e desafios para o fortalecimento do APL Calcário Cariri – CE**. Fortaleza, Universidade de Fortaleza. *Monografia*, 85 p., 2010. Disponível em: <<http://redeaplmineral.org.br/biblioteca/publicacoes/Cariri.pdf>>. Acesso em 08/03/2017.

VILAS BOAS, M. P. **Património paleontológico do Geopark Araripe (Ceará, Brasil): análise e propostas de conservação**. 2012. Dissertação (Mestrado em Património Geológico e Geoconservação) – Escola de Ciências, Universidade do Minho, Braga, 196 p. 2012. Disponível em: <http://www.dct.uminho.pt/mest/pgg/docs/tese_boas.pdf>. Acesso em 28/03/2017.