

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE TECNOLOGIA
PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOCIÊNCIAS

Jorge Luiz Lopes da Silva

**TAFONOMIA EM MAMÍFEROS PLEISTOCÊNICOS: CASO DA PLANÍCIE
COLÚVIO – ALUVIONAR DE MARAVILHA – AL**

Dissertação de Mestrado

2001

RECIFE

2001

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE TECNOLOGIA
PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOCIÊNCIAS

Jorge Luiz Lopes da Silva

**TAFONOMIA EM MAMÍFEROS PLEISTOCÊNICOS: CASO DA PLANÍCIE
COLÚVIO – ALUVIONAR DE MARAVILHA – AL**
Dissertação de Mestrado
2001

Orientadora: Prof^a Dr^a Maria Somália Sales Viana

JORGE LUIZ LOPES DA SILVA

**TAFONOMIA EM MAMÍFEROS PLEISTOCÊNICOS: CASO DA PLANÍCIE
COLÚVIO – ALUVIONAR DE MARAVILHA - AL**

Dissertação que apresenta à Pós-Graduação em Geociências do Centro de Tecnologia da Universidade Federal de Pernambuco, orientada pela Prof^a Maria Somália Sales Viana, como preenchimento parcial dos requisitos para obtenção do grau de Mestre em Geociências, área de concentração Geologia Sedimentar.

RECIFE – PE

2001

TAFONOMIA EM MAMÍFEROS PLEISTOÊNICOS: CASO DA PLANÍCIE
COLÚVIO – ALUVIONAR DE MARAVILHA – AL

JORGE LUIZ LOPES DA SILVA

Aprovado:

_____ --- data ___/___/___
Prof^a. Dr^a. Maria Somália Sales Viana

_____ --- data ___/___/___
Prof. Dr. Jorge Ferigolo

_____ --- data ___/___/___
Pof^a. Dr^a. Alcina magnólia França Barreto

Dedicada a meus pais:
Pedro Jacinto da Silva (*in memoriam*) e
Antonia Lopes da Silva.
Minha esposa:
Ana Paula Lopes da Silva.
E a minhas filhas:
Larissa e Letícia.

Fecho os olhos e os vejo caminhando pelas planícies e pelos vales.

Sou capaz de ouvi-los e de sentir seus cheiros.

A vida não os quis e no entanto nós os buscamos.

AGRADECIMENTOS

À Profa. Dra. Maria Somália Sales Viana, da Universidade Federal de Pernambuco, pela orientação, estímulo, apoio humano e profissional, além do grande exemplo de pesquisadora que é, pela qual nutro muito carinho, respeito e admiração. A Prof^a Somália foi de vital importância para a realização deste trabalho.

À Profa. Dra. Alcina Magnólia França Barreto, da Universidade Federal de Pernambuco, pelo grande apoio, incentivo e por acreditar neste trabalho.

À profa. Dra. Eliza Maria Freire de Souza, da Universidade Federal de Alagoas, minha primeira orientadora que acreditou e me ensinou o caminho das pedras, exemplo de mulher e de pesquisadora. À mestra com carinho.

Ao prof. Dr. Roberto Ventura Santos da Universidade de Brasília, pelas análises isotópicas nos ossos dos megamamíferos.

Ao prof. Dr. Jorge Ferigolo, da Fundação Zoobotânica e Universidade Federal do Rio Grande do Sul, pela identificação dos ossos mais complexos dos megamamíferos.

À mestra Sônia Maria Oliveira Agostinho da Silva, do setor de Paleontologia da Universidade Federal de Pernambuco, pelo apoio, incentivo e ajuda quando de minha permanência no Laboratório de Paleontologia.

Aos alunos de graduação do curso de Geologia da Universidade Federal de Pernambuco, Sebastião Rodrigo, Cristiane e Daniel, pela ajuda em uma das etapas de campo.

Ao Bolsista André Oliveira do Laboratório de Materiais Avançados do Departamento de Física da Universidade Federal de Pernambuco, pela análise de raios-x.

Ao Dr. Paulo Menezes, Professor visitante do Departamento de Química Fundamental da Universidade Federal de Pernambuco, pela análise elementar (CNHS).

Ao aluno de graduação do curso de Química Alex Souza Moraes da Universidade Federal de Pernambuco, o qual viabilizou as análises de raios-x e elementar.

À profa. mestre Jovesí de Almeida Costa, da Universidade Federal de Alagoas, pela ajuda na descrição da Geomorfologia da área estudada.

Ao prof. e amigo Sinval Autran Guimarães Junior da Universidade Federal de Alagoas, pela ajuda durante o início deste trabalho.

Ao Sr. Adelmo Luis dos Santos e a Dona Judith dos Santos, proprietários da fazenda Ovo da Ema, não só por permitirem as escavações em sua propriedade como pela hospedagem em sua casa e pelas noites maravilhosas com e sem luar no sertão onde sentávamos sob as estrelas e “proseávamos” até o sono chegar.

Ao Adriano (Andro) neto de seu Adelmo, pela ajuda na etapa de campo o qual tornou-se um exímio escavador de fósseis.

Ao meu grande amigo espeleólogo “cumpadi” Cícero Claudemilson Lourenço Queirós (*in memorian*), a pessoa que nos levou pela primeira vez à Maravilha para ver os fósseis.

À Sra. Ana Isabel Toledo proprietária do Colégio Santa Úrsula, pelo incentivo à qualificação profissional de seus funcionários.

A todos os colegas do Colégio Santa Úrsula, que de alguma forma ajudaram a tornar realidade este sonho.

Aos amigos Danielle Marciel e Victor Hugo pelo apoio e companheirismo nesta jornada.

Ao Conselho Nacional de Pesquisa CNPq pelo custeio e apoio à pesquisa.

Um agradecimento eterno ao meu pai Pedro Jacinto da Silva (*n memorian*) e a minha mãe Antonia Lopes da Silva, que não mediram esforços para ver seus filhos formados.

A todos que direta ou indiretamente contribuíram para a realização deste trabalho o meu mais sincero **muito obrigado**.

RESUMO

A planície colúvio–aluvionar na qual encontra-se a fazenda Ovo da Ema no Município de Maravilha, AL, apresenta em toda sua extensão inúmeras depressões no embasamento cristalino, chamadas de tanques. Estes tanques estão comumente preenchidos por sedimentos depositados por correntes de detritos e/ou de lama através de leques aluviais, trazendo grande número de fragmentos/ossos de megamamíferos pleistocênicos. Tendo em vista a ausência de estudos paleontológicos a respeito desta megafauna na região, este estudo sugere um modelo paleoambiental, bem como uma interpretação paleoecológica, a partir dos dados tafonômicos investigados sobre as feições sedimentológicas, bioestratinômicas, diagenéticas e estratigráficas dos fósseis.

Foram realizadas duas etapas de campo, nas quais 649 ossos fragmentos ósseos/ossos completos de mamíferos da megafauna foram coletados. Em laboratório os ossos foram submetidos a análises petrográficas e geoquímicas, através de difratometria de Raios-X e isótopos estáveis de carbono e oxigênio e análises elementares.

Os tanques apresentaram apenas três espécies de mamíferos: *Toxodon platensis*, *Eremotherium laurillardi* e *Haplomastodon waringi*. As análises químicas permitiram observar cinco fases diagenéticas: sulfetação, piritização, carbonatação, carbonização e fosfatização. Observou-se também em pequena escala a preservação da composição química original (biomineralização) e de algum colágeno. As análises isotópicas nos ossos corroboraram a hipótese na qual *T. platensis*, alimentava-se principalmente de gramíneas (plantas C₄) e macrófitas aquáticas (plantas C₃) respectivamente, enquanto que *H. waringi* e *E. laurillardi* se alimentavam de gramíneas (plantas C₄).

A partir destes dados analíticos pode-se concluir que a planície colúvio–aluvionar de Maravilha, hoje inserida na área do domínio morfoclimático das Caatingas, durante o Pleistoceno apresentou temperaturas amenas e um ambiente úmido semelhante ao do Cerrado, tendendo ao ambiente quente e seco da Caatinga, com reservatórios d'água restrito aos Tanques e com a vegetação arbustiva/arbórea escassa na planície, restando apenas a mata ciliar nas margens dos rios.

ABSTRACT

The coluvium-aluvium plain in which is Ovo da Ema Farm, country of Maravilha, Alagoas, shows in all its extension a great deal of depressions over the crystalline embasement, called tanks. These tanks are commonly filled in by sediments deposited by chains of debris and/or mud by the fan deltas, bringing a great number of Pleistocenic megamammal bone fragments. Considering the lack of palaeontological studies regarding the megafauna of this region, this study suggests a paleoenvironmental model, as well as a paleoecological interpretation, based upon the tafonomic data concerning sedimentary, biostratigraphic, diagenetic and stratigraphic features of the fossils.

Two field stages were accomplished in the area of study, in which 649 fragments bone or complete bones of mammals were collected. The bones were submitted to petrographical and geochemical analyses through X-Rays diffractometry of carbon and oxygen, stable isotopes and element analyses.

The tanks presented only three species of mammals: *Toxodon platensis*, *Eremotherium laurillardi* and *Haplomastodon waringi*. The chemical analyses showed five diagenetic stages: sulfetation, pyritization, carbonatation, carbonization and fosfatization. It was also observed in smectite as well as propitite the original chemical composition (biomineralization) of collagen. The isotope analyses in the bones corroborated the hypothesis that *T. platensis* fed himself mainly of gramineous plant (C_4 plants) and aquatic macrophytes (C_3 plants) respectively, whereas *H. waringi* and *E. laurillardi* gramineous (C_4 plants).

Based on these data, it can be inferred that the colluvio-alluvial plain of Maravilha, in a morphoclimatic domain of Caatinga during Pleistocene, actually presented mild temperatures and a humid environment, similar to savanna, tending to the hot and dry environment of the savanna, with water reservoirs restricted to tanks and with scarce shrubby/arboreal vegetation on the plain, just remaining the ciliary forest on the rivers banks.

SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS	VII
RESUMO	IX
ABSTRACT	X
ÍNDICE DE FIGURAS.....	XIV
ÍNDICE DE FOTOGRAFIAS.....	XVI
ÍNDICE DE TABELAS.....	XVIII
1. INTRODUÇÃO	19
1.1 Localização da Área de Estudo	20
1.2 Objetivos	21
2. METODOLOGIA	23
2.1 Pesquisa Bibliográfica e Levantamento Cartográfico.....	23
a) Pesquisa Bibliográfica	23
b) Levantamento Cartográfico.....	24
2.2 Estudo de Campo e Amostragem	24
a) Feições sedimentológicas	24
b) Feições bioestratinômicas	25
c) Feições estratigráficas.....	25
d) Feições paleoecológicas.....	25
2.3 Análises Laboratoriais	25
2.3.1 Limpeza e identificação	26
2.3.2 Análises petrográficas.	26
2.3.3 Análises químicas.....	26
a) Difractometria de Raios-X.....	26
b) Isótopos estáveis de carbono.....	27
c) Isótopos estáveis de oxigênio.....	31
2.3.4 Tratamento dos dados	32

3. CARACTERÍSTICAS GERAIS DA ÁREA	33
3.1 Clima	33
3.2 Vegetação	33
3.3 Recursos Hídricos	34
3.4 Geomorfologia	35
3.5 Geologia	37
3.5.1 Terciário – Quaternário.....	38
4. TAFONOMIA DE MAMÍFEROS TERRESTRES EM PLANÍCIE COLÚVIO- ALUVIONAR E SUAS IMPLICAÇÕES PALEOECOLÓGICAS – ESTADO DA ARTE.....	44
4.1 Tafonomia.....	45
a) Bioestratinomia.....	46
b) Diagênese dos Fósseis.....	46
4.2 Mortandade da biota.....	47
4.3 Feições paleoecológicas.....	49
4.4 Exemplos de interpretações paleoecológicas com base nas concentrações de mamíferos terrestres.....	50
4.5 Ambiente de sedimentação continental Colúvio-Aluvionar e acumulações fossilíferas.....	51
a) Colúvio.....	52
b) Leques Aluviais.....	53
5. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	56
5.1 Campo	56
5.2 Laboratório	56
5.2.1 Avaliação macroscópica dos ossos; feições diagenéticas e bioestratinômicas	56
5.2.1.1 Feições diagenéticas.....	57
5.2.1.2 Feições bioestratinômicas.....	59
5.2.2 Análise petrográfica.....	60
5.2.3 Difratomia de Raios-X.....	60
5.2.4 Análise elementar.....	62

5.2.5	Análise de isótopos de Carbono e Oxigênio.....	67
6	PALEOMASTOFAUNA DE MARAVILHA.....	69
6.1	Xenarthra.....	69
6.1.1	Taxonomia	69
6.1.2	Descrição	70
6.2	Notoungulata	72
6.2.1	Taxonomia	72
6.2.2	Descrição.....	72
6.3	Proboscídea.....	73
6.3.1	Taxonomia.....	73
6.3.2	Descrição	73
7	TAFONOMIA.....	77
7.1	Bioestratinomia.....	78
7.2	Diagênese dos Fósseis.....	78
7.3	Modelo tafonômico “tafofácies de tanques”	80
8	INTERPRETAÇÃO PALEOAMBIENTAL.....	82
9	CONCLUSÕES.....	86
10	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	88

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	Página
Figura 1 – Mapa de localização da área de trabalho	22
Figura 2 – Comparação da resposta fotossintética de plantas C ₃ e C ₄ a aumentos de luminosidade e temperatura (modificado de Odun, 1988).....	30
Figura 3 – Relação entre $\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^{15}\text{N}$ sobre as principais classes de autótrofos (modificado de Schoeninger & De Niro, 1984).....	31
Figura 4 – Relações entre a tafonomia, suas subdivisões e os eventos responsáveis pela origem das concentrações fossilíferas (modificado de Simões & Holz, 2000)	45
Figura 5 – Ambientes e possível de <i>causa mortis</i> em mamíferos terrestres: a) seca, b) incêndio em campos; c) preso na lama; d) por gases tóxicos; e) por lava vulcânica; f) frio e gelo; g) cinza vulcânica; h) incêndio em florestas (a, d, de Baines, 1993, b de Redford, 1987; c e g de Normam, 1996; e, de Webset, 2000, f, Penny, 1993; h, de Fearn side,1990).....	48
Figura 6 – Distribuição das fácies de um depósito de leque aluvial (A) – Vista superior de um leque aluvial, B) – Secção transversal do leque (modificado de Spearing, 1974).....	54
Figura 7 – Difratoogramas por Raios - X mostrando picos de fluorapatita para: a) Am – 03 (osso esponjoso) e b) Am – 04 (dente de <i>Haplomastodon Waringi</i>).....	65
Figura 8 – Difratoogramas po Raios - X mostrando picos de fluorapatita em: a) Am – 07 a (osso comp, branco) e b) Am – 07 b (osso comp, escuro).	66
Figura 9 – Razão isotópica de C e O nas amostras dos dentes de <i>Eremotherium laurillardi</i> (amarelo), <i>Haplomastodon waringi</i> (azul) e <i>Toxodon platensis</i> (vermelho).....	68

Figura 10 – Fases bioestratinômicas: a) mudanças climáticas no ambiente; b) morte por fome, sede, doenças ou outras catástrofes; c) início da decomposição; d) transporte dos ossos para o interior dos tanques por enxurradas através de leques aluviais.....	79
Figura 11 – Fases diagenéticas: 1, sulfetação; 2, carbonização em ambiente redutor; 3, compactação; 4, fosfatização; e 5 calcificação.....	80
Figura 12 – Reconstituição paleoambiental da área em estudo no final do Pleistoceno.....	84

ÍNDICE DE FOTOGRAFIAS

Foto.....	Página
Foto 1 – Depósito de tanque (fossilífero) de forma ocelar, escavado por moradores da Fazenda Ovo da Ema, para armazenar águas das chuvas.....	40
Foto 2 – Tanque fossilífero na Fazenda Ovo da Ema, com forma circular limitado por um anel de rochas. Ao fundo sedimentos retirado do seu interior com muitos ossos de megamamíferos (seta).....	42
Foto 3 – Escavação no tanque fossilífero da Fazenda Ovo da Ema	57
Foto 4 – Tíbia de <i>Eremotherium laurillardi</i> no interior do tanque.....	57
Foto 5 – Tanque escavado por moradores da Fazenda Ovo da Ema, com uma grande quantidade de ossos da megafauna.....	58
Foto 6 – Ossos acumulados após a retirada do sedimento do interior de um tanque por moradores da localidade	58
Foto 7 – Fotomicrografia de osso compacto mostrando o grau de preservação das microestruturas que compõem o tecido ósseo, como La – lamelas, Ln – lacunas, SH – sistemas de Havers, CH – canais de Havers e CV – canal de Volkmann (Lâmina 07, aumento 10 X, luz transmitida).....	63
Foto 8 – Osso esponjoso com duas fases fosfáticas: F1 – biomineralização preservada (primeira fase) e F2 – fosfatização (segunda fase); (Lâmina 03, aumento de 40X, luz transmitida).....	63
Foto 9 – Osso esponjoso com grãos de quartzo (seta) corroído devido à ação de ácidos orgânicos em decorrência da decomposição (Lâmina 03, aumento de 40X, luz transmitida).....	64
Foto 10 – Osso compacto com matéria orgânica amorfa (seta), podendo representar carbono orgânico na etapa tafonômica de carbonização (Lâmina 07, aumento de 100X, luz transmitida)	64

Foto 11 – Espécime 001, <i>Eremotherium laurillardi</i> , fragmento craniano com 4 molares do lado esquerdo e 1 do lado direito, em vista palatal (escala : 15 cm).....	70
Foto 12 – Espécime 001, <i>Eremotherium laurillardi</i> , fragmento da diáfise femoral, lado direito.....	71
Foto 13 – Espécime 002, <i>Toxodon platensis</i> . Fragmento do dentário direito, com P ₂ – M ₁ (escala: 10 cm)	74
Foto 14 – Espécime 003, <i>Haplomastodon waringi</i> , fragmento do dentário direito com M ₁ (escala: 15 cm).....	75
Foto 15 – Espécime 003, <i>Haplomastodon waringi</i> , ulna direito e Atlas (escala: 15 cm)	75
Foto 16 – Vista da planície onde está localizada a Fazenda Ovo da Ema, vendo-se ao fundo a Serra da Caiçara.....	85

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela.....	Página
Tabela 1 – Processos de fossilização.....	59
Tabela 2 – Grau de fragmentação.....	60
Tabela 3.– Resultado das análises petrográficas mostrando as microestruturas ósseas preservadas e os indicativos tafonômicos (Diagênese do fóssil).....	61
Tabela 4 – Resultado da análise elementar (CNHS) em ossos e dentes.....	62
Tabela 5 – Análise de $\delta^{13}\text{O}$ e $\delta^{13}\text{C}$ em dentes	67
Tabela 6 – Modelo tafonômico para a “tafofácies de tanques em mamíferos” (fósseis associados baseados em dados de : Galindo et. al, 1984, Muniz & Lima, 1984, Oliveira, 1983).....	81

1. INTRODUÇÃO

Os fósseis são bons indicadores paleoambientais particularmente sensíveis, uma vez que depois da morte dos organismos seus restos tendem a um equilíbrio com as condições físicas e químicas do meio ambiente deposicional, através dos processos de fossilização (Thomas, 1986).

A tafonomia é o estudo dos processos de fossilização e como eles afetam a informação no registro fóssilífero. Este estudo compreende duas amplas subdivisões: A – bioestratinomia, que engloba a história sedimentar dos restos esqueléticos até o soterramento, incluindo as causas de morte do organismo, bem como os processos posteriores de decomposição, transporte e soterramento. B – diagênese dos fósseis, reunindo os processos físicos e químicos que alteram os restos esqueléticos após o soterramento (Clark *et al.*, 1967).

No interior do Nordeste do Brasil, documentou-se uma fauna pleistocênica de mamíferos, onde com frequência novas descobertas vêm sendo relatadas por moradores do agreste e do sertão (Muniz & Lima, 1985). Apesar de Karmann *et al.* (1999) terem obtido uma idade em torno de 6 mil anos (Holoceno Inferior a Médio) pelo método ESR, em dentes de *Toxodon platensis* do Estado de São Paulo, esses autores ressaltam tratar-se de resultados preliminares, devido à fase de testes do método. Sabe-se, no entanto, que os Toxodontes surgiram e evoluíram na América do Sul, migraram em seu estágio final para a América Central e desapareceram completamente no final do Pleistoceno (Paula Couto, 1979; Cartelle, 1994; Bond *et al.*, 1995; Ranzi, 2000).

Esta fauna é conhecida como megafauna (Muniz & Lima, 1985), cujo termo é aplicado para definir um conjunto de animais, em particular os mamíferos de uma

mesma região, cuja massa corpórea adulta, excede a tonelada. Isto é, um milhão de gramas, para o que utiliza-se o prefixo mega; (Fariña, 1997). Essa megafauna inclui megaterídeos, gliptodontídeos, gonfoterídeos, toxodontídeos, mamíferos de porte médio como esmilodontídeos, cervídeos, camelídeos e equídeos, além daqueles de pequeno porte. Se considerarmos os 122 gêneros de mamíferos extintos em torno de 15 gêneros tinham mais de uma tonelada de massa corpórea e aqueles com peso acima de 100 quilos chegam a cerca de cinquenta gêneros. Hoje, por exemplo, apenas cinco espécies atingem porte da megafauna: o elefante, o rinoceronte branco, o rinoceronte negro, o hipopótamo e a girafa, todas vivendo na África (Fariña, 1997), com exceção do elefante e do rinoceronte que habitam também a Ásia.

Os fósseis pleistocênicos são encontrados com frequência em tanques, lagoas e cacimbas esculpidas em rocha do embasamento cristalino, na maioria das vezes, quando estes locais são escavados para permitir uma maior e melhor capacidade de armazenamento hídrico (Muniz & Lima, 1985), já que a seca é um fenômeno constante na região.

Em Alagoas, pouco se sabe sobre a megafauna pleistocênica, exceto algumas citações de ocorrência (Santos, 1982; Paula Couto, 1979; Brandão, 1937), sendo de extrema importância que trabalhos de mapeamento dos sítios paleontológicos em Alagoas sejam realizados, bem como estudos mais específicos sobre os mesmos. Além disso, estas áreas, vêm sendo destruídas com frequência, perdendo-se um patrimônio paleontológico significativo da fauna de mamíferos pleistocênicos que existiu na região.

1.1. Localização da área de estudo

A área objeto desta dissertação corresponde à fazenda Ovo da Ema, localizada no Município de Maravilha, o qual anteriormente era conhecido como “Cova dos Defuntos”, cujo nome fora dado ao lugar, em razão de nele haver no passado, uma grande cova, onde eram enterrados os corpos de várias pessoas, que morreram vitimadas pela cólera que durante uma certa época assolou a região. No período do surto da doença, passou pelo lugar um padre, que numa atitude de admiração exclamou: “Este lugar ainda será uma maravilha” (Veloso, 1986). Em 17 de julho de 1958, o distrito, já com o nome de Maravilha, foi elevado à condição de município, desmembrado de Santana do Ipanema.

O Município de Maravilha está situado na porção noroeste do Estado de Alagoas. Faz parte da microrregião geográfica de Batalha (Mesorregião do Sertão), e está incluído na Zona Fisiográfica do Sertão. Ocupa uma área de 346 km², compreendida com as coordenadas geográficas 09^o 15' 00" e 09^o 18'47" de latitude sul e 37^o 07'56" e 37^o 30'15" de longitude oeste. Limita-se ao norte com Ouro Branco (AL), ao sul com Poço das Trincheiras (AL), à leste com Itaíba (PE) e à oeste com Canapi (AL). Dista de Maceió, capital de Alagoas, 240 km no sentido noroeste.

O depósito fossilífero escavado para este estudo, está localizado no paralelo 09^o 13' 310" de latitude sul e meridiano 37^o 14' 947" de longitude oeste (figura 1), na fazenda Ovo da Ema, que recebeu este nome por ter sido encontrado na propriedade em, 1954, um ninho com ovos de Ema (*Rhea americana*), hoje extinta na região (A.L. dos Santos, comunicação verbal, 1999).

A Fazenda dista 16 km a sudeste da sede do município e tem seu acesso por uma estrada carroçável, iniciada 200 metros à direita após a saída de Maravilha em direção ao Município de Ouro Branco, seguindo a rede elétrica da CHESF em direção sudeste por 15 km, numa bifurcação abaixo da linha de transmissão segue-se ao sul e a 1 km está a sede da fazenda, que pertence ao Sr. Adelmo Luiz dos Santos, compreendendo cerca de 1000 hectares.

1.2. Objetivos

O trabalho foi desenvolvido visando atingir os seguintes objetivos:

- Coletar e produzir um diagnóstico paleontológico dos depósitos de tanques de Maravilha;
- Investigar as feições sedimentológicas, bioestratinômicas, diagenéticas e estratigráficas dos depósitos para a elaboração de um modelo tafonômico;
- Sugerir um modelo paleoambiental e uma interpretação paleoecológica a partir dos dados sistemáticos, taxonômicos, tafonômicos e geoquímicos.

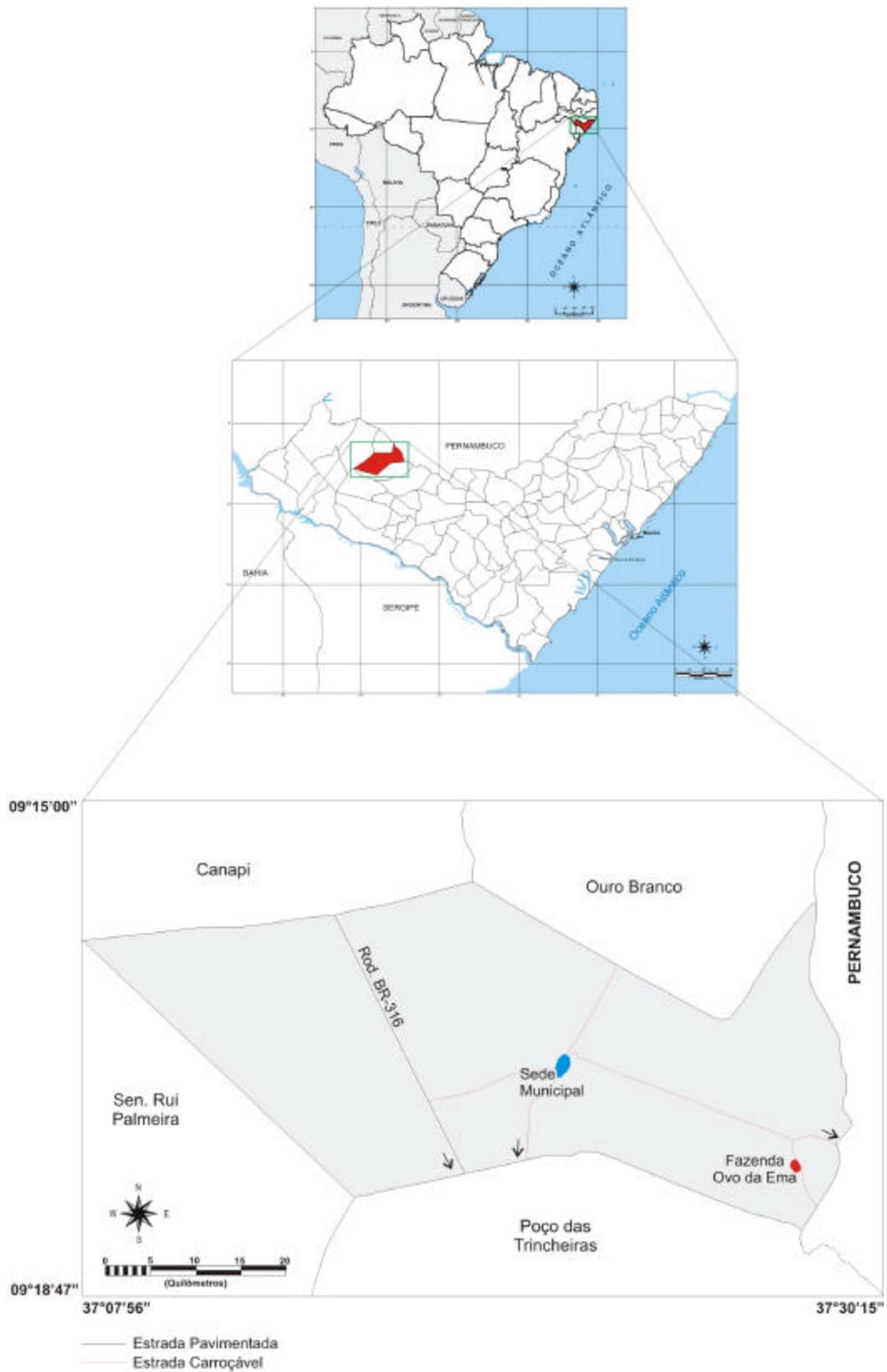


Figura 01 - Mapa de localização da área de trabalho.

2. METODOLOGIA

A obtenção dos dados envolveu etapas sucessivas que foram representadas por quatro fases distintas e específicas: 1. pesquisa bibliográfica e cartográfica, 2. estudo de campo e amostragem, 3. análises laboratoriais e 4. tratamento dos dados.

2.1 Pesquisa Bibliográfica e Levantamento Cartográfico

a) Pesquisa Bibliográfica

A pesquisa bibliográfica foi realizada nas bibliotecas da: Universidade Federal de Pernambuco, Universidade Federal de Alagoas, Universidade Federal da Paraíba e no Instituto Histórico e Geográfico de Alagoas.

Os trabalhos sobre a megafauna pleistocênica no Nordeste têm suas pesquisas mais significativas realizadas por Burlamaqui (1855) e Branner (1902) em Pernambuco e Alagoas e Holland (1920) na Bahia. Brandão (1937) por exemplo cita a presença “...de ossadas de animais gigantescos, pertencentes a espécies completamente desaparecidas”, e dá destaque aos ossos “...que foram encontrados na fazenda Lagoa da Lage, perto de Águas Bellas, e os do povoado Meirús (Campo Alegre), três leguas a nordeste de Pão de Assucar, Alagoas”. Outros autores também fazem referências à megafauna de mamíferos pleistocênicos encontrados no Brasil inclusive no Nordeste (Alvim, 1939; Vidal, 1946; 1959; Cunha, 1962; 1979; Carvalho, 1966; Rolim, 1971; 1974; Paula Couto, 1979; Bergqvist, 1989; Faure *et al.*, 1999; Guérin, 1999; Cartelle, 1992, 2000).

Trabalhos recentes em Arqueologia e Paleontologia sugerem a presença do homem pré-histórico em contemporaneidade com esta megafauna (Galindo *et al.*, 1984). Porém na área em estudo, não há registros de trabalhos paleontológicos e/ou tafonômicos, empregados na análise deste ambiente.

b). Levantamento Cartográfico

Esta etapa incluiu o levantamento cartográfico, carta topográfica, interpretação das imagens de sensores remotos de satélites e mapa geológico da área.

A base para este trabalho foi a carta topográfica na folha Santana do Ipanema (SC. 24 –X-D-I, MI-1522) da SUDENE (1989), na escala 1: 100.000; o Mapa Geológico do Estado de Alagoas (DNPM/EDRN-1986), na escala 1: 250.000 e Folha Aracaju NE (SC.24-X), da CPRM (2000), na escala 1:500.000.

2.2 Estudo de campo e amostragem

Na etapa de campo foram realizadas duas viagens para escavações perfazendo um total de oito dias, para amostragem e coleta de dados em tanques da Fazenda Ovo da Ema. As escavações foram iniciadas primeiramente delimitando-se a área a ser escavada em forma retangular com 1 metro de largura por 6 metros de comprimento, onde o sedimento era retirado com picaretas e pás até chegar-se aos ossos a partir daí utilizou-se colher de pedreiro e pinceis, além de martelos e talhadeiras para liberar os ossos, os quais quando friáveis, eram envolvidos com gaze gessada e posteriormente removidos. Registro fotográfico foi feito durante toda etapa de escavação.

Os restos de vertebrados foram coletados identificando-se a orientação espacial (posição do eixo maior dos ossos). Orientação que foi anotada antes de isolarmos os ossos das rochas ou sedimentos encaixantes. Anotou-se também relação dos ossos com os limites da camada e com as estruturas sedimentares internas, baseando-se em Simões & Holz (2000).

Também foram observadas no campo as quatro feições macroscópicas (feições tafonômicas) empregadas na descrição das concentrações fossilíferas, sendo estas importantes na identificação dos processos físico-químicos e biológicos responsáveis pela origem destas concentrações:

- a) **Feições sedimentológicas:** investigando as estruturas sedimentares inorgânicas e biogênicas associadas.
- b) **Feições bioestratinômicas:** investigando a disposição dos bioclastos em planta e seção; grau de articulação dos esqueletos, fragmentação, corrosão e incrustação.
- c) **Feições estratigráficas da associação fossilífera:** dados sobre a disposição dos fósseis na seqüência, verificando as fácies sedimentares e suas relações estratigráficas (espessura, extensão lateral, geometria do depósito, contatos estratigráficos, etc).
- d) **Feições paleoecológicas da associação fossilífera:** dados sobre a taxonomia diversidade e abundância das espécies encontradas modos de vida e classes de tamanho (idade).

Os ossos coletados foram devidamente acondicionados, etiquetados e transportados para o Laboratório de Paleontologia da Universidade Federal de Pernambuco, quando depois da etapa laboratorial, ficaram disponíveis para serem incluídos na coleção paleontológica dessa instituição. Alguns ossos foram doados à coleção paleontológica da seção de Paleontologia do setor de Geologia do Museu de História Natural da Universidade Federal de Alagoas.

2.3 Análises laboratoriais

No Laboratório de Paleontologia da Universidade Federal de Pernambuco as amostras foram organizadas e catalogadas para o procedimento de limpeza e colagem dos ossos fragmentados. A partir daí os elementos ósseos foram identificados e organizados a nível específico.

Desenvolveu-se uma avaliação macroscópica com o objetivo de identificar e quantificar os estágios tafonômicos (Análise Macroscópica), onde 649 ossos foram analisados.

Alguns fragmentos foram destinados à confecção de seções delgadas para análise petrográfica e outros destinados a análises químicas (Raios-X, análise elementar e isótopos estáveis de carbono e oxigênio).

2.3.1 Limpeza e identificação

Todo o material coletado no campo foi lavado para a retirada do sedimento aderido a eles. Os ossos inteiros foram identificados utilizando-se Atlas de Anatomia Animal tanto das espécies fósseis como as de espécies análogas recentes. Os fragmentos foram colados com Araldite de secagem rápida e posteriormente, quando possível, identificados quanto ao tipo de osso, bem como a espécie a qual pertencia.

2.3.2 Análises petrográficas

Para a análise petrográfica alguns fragmentos de ossos foram previamente selecionados de acordo com a observação macroscópica de aspectos diagenéticos diferenciados (como coloração, textura, etc.) para a confecção de seções delgadas e estudo microscópico. 6 lâminas foram observadas em microscópio petrográfico, acoplado a equipamento fotográfico. Com isso, procurou-se observar o grau de preservação da estrutura óssea e a composição mineralógica dos materiais.

2.3.3 Análises químicas

Foram 3 as análises químicas realizadas em fragmentos de ossos e dentes dos espécimes obtidos nas escavações de Maravilha:

a) Difratomia de Raios-X

Fragmentos de ossos previamente selecionados de quatro amostras, foram pulverizados e analisados por difratometria de raios-x, resultando em difratogramas com os picos dos comprimentos de ondas referentes aos minerais encontrados.

Raios-X são radiações eletromagnéticas que, como tais, podem ser polarizadas, difratadas, refratadas e refletidas (Formoso, 1984). Através da difratometria de Raios-X obtém-se a composição mineralógica qualitativa de materiais.

A energia de um feixe eletromagnético sobre um cristal pode ser difratada com um comprimento de onda mensurável e os espaços da estrutura cristalina servem de grade de difração. Dessa forma, pode-se determinar a composição de um mineral através de uma relação entre o comprimento de onda (λ), o ângulo de incidência (θ) e o espaçamento entre os planos dos átomos que causam a difração (Moore & Reynolds Jr., 1989). Os Raios-X emitidos são controlados e medidos por equipamento eletrônico (Difratômetro de Raios-X). Os resultados são diversos picos de comprimento de onda discreto, característicos do mineral atingido pela radiação (Moore & Reynolds Jr., 1989).

b) Isótopos estáveis de carbono

Para a análise de isótopos estáveis de carbono, foram selecionados três fragmentos dos dentes de *Toxodon platensis*, *Haplomastodon weringi* e *Eremotherium laurillardii*. A partir do colágeno ainda presente nos dentes, foram obtidas a partir do carbonato estrutural da apatita biogênica. As razões $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ das amostras, através da interpretação dos dados, pode-se sugerir a dieta alimentar de cada uma das espécies encontradas.

As amostras obtidas para análise foram maceradas, dissolvidas em ácido nítrico e precipitadas como fosfato de bismuto. O fosfato de bismuto, fluorinado a 150°C , é convertido a CO_2 e analisado no espectômetro de massa obtendo-se em seguida os valores do $\delta^{13}\text{C}$.

A composição isotópica de um determinado elemento em tecido vivo depende: (1) da fonte do elemento (e.g., CO_2 atmosférico versus CO_2 dissolvido; O_2 da água marinha versus o O_2 da água meteórica), (2) do processo que envolve inicialmente a fixação do elemento pela matéria orgânica (e.g., C_3 versus C_4 da fotossíntese), (3) fracionamentos subsequentes de como a matéria orgânica passa para a cadeia alimentar. Baseado nestes fatores, a composição isotópica do material fóssil ainda dependerá de qualquer mudança isotópica associada com a tafonomia, incluindo desde a decomposição microbiana até a diagênese. A composição isotópica pode fornecer informações sobre as fontes de alimento dos organismos fósseis, inclusive do homem, e conseqüentemente, podem

apontar evidências sobre o ambiente no qual estes organismos viveram (Schoeninger & DeNiro, 1984).

Os tipos de fotossíntese relacionam-se diretamente aos tipos de produtores. Segundo Odum (1983), quimicamente o processo fotossintético significa a armazenagem de uma parte da energia solar sob a forma da energia potencial ou “presa” do alimento. A equação geral da reação de oxidação-redução pode ser escrita da seguinte forma:

$CO_2 + 2H_2A + \text{energia luminosa} \rightarrow CH_2O + H_2O + 2A$, sendo a oxidação: $2H_2A \rightarrow 4H + 2A$ e a redução: $4H + CO_2 \rightarrow CH_2O + H_2O$.

Para os vegetais verdes em geral (algas e plantas superiores), A é o oxigênio da água; a água é oxidada, com a liberação de oxigênio gasoso e o gás carbônico é reduzido para carboidrato (CH_2O), com a liberação de água.

Vegetais superiores diferem nas vias bioquímicas de redução do gás carbônico (equação de redução anterior), isto leva a implicações ecológicas importantes. O gás carbônico absorvido do ar atmosférico pelas plantas é utilizado na síntese de moléculas de açúcares. Na maioria das plantas, a fixação do gás carbônico segue um **ciclo de fosfato de pentose C₃**, ou **ciclo de Calvin-Benson**, em homenagem aos pesquisadores que elucidaram a maior parte de suas etapas.

No decorrer do ciclo das pentoses, o hidrogênio proveniente da quebra de moléculas de água e capturados pelo NADP (nicotinamida-adenina-dinucleotídeo-fosforado), formando $NADPH_2$, juntamente com ATP (trifosfato de adenosina) proveniente das reações de fotofosforilação, são utilizados para reduzir moléculas de CO_2 a moléculas de açúcar. O açúcar produzido no ciclo das pentoses é uma molécula com três átomos de carbono denominada **gliceraldeído 3-fosfato** (daí o nome de plantas C_3). Posteriormente duas moléculas de gliceraldeído 3-fosfato unem-se para formar glicose, um açúcar com seis átomos de carbono (Amabis & Martho, 2000).

No entanto algumas plantas de regiões áridas e gramíneas tropicais, como cana-de-açúcar e milho, reduzem o gás carbônico de uma maneira diferente, segundo um ciclo de **ácido dicarboxílico C₄**. Estas plantas são capazes de fixar o CO_2 em compostos de 4 carbonos, como malato e aspartato (daí o nome de plantas C_4), além do que é feito pelo ciclo C_3 de Calvin-Benson. As folhas dessas plantas possuem dois tipos de cloroplastos: o do mesófilo e o da bainha do feixe vascular, uma característica morfológica distintiva. Nas células do mesófilo dessas plantas o CO_2 reage com

fosfoenolpiruvato (PEP), na presença da enzima PEP carboxilase, para formar oxaloacetato. Subseqüentemente, o oxaloacetato é reduzido a malato pelo NADPH₂ produzido nas reações luminosas normais. O malato é transportado para as células da bainha vascular, onde é descarboxilado, e o CO₂ assim produzido é então usado para a produção de açúcar e amido via ciclo de Calvin-Benson (Hall & Rao, 1980). Além do mais, as plantas que apresentam o ciclo de ácido dicarboxílico respondem de forma diferente à luz, à temperatura e à água (Figura 2). Na discussão das implicações ecológicas, os dois tipos fotossintéticos são designados como plantas C₃ e C₄.

As espécies de plantas com fotossíntese do tipo C₄ são numerosas na família das gramíneas (Gramineae), mas elas ocorrem em muitas outras famílias, tanto de dicotiledôneas como de monocotiledôneas. As espécies C₄ dominam a vegetação nos desertos e campos nos climas temperados quentes e tropicais e são raras nas florestas e no norte nebuloso, onde predominam baixas intensidades luminosas e baixas temperaturas (Odum, 1983).

Apesar da sua menor eficiência fotossintética ao nível da folha, as plantas C₃ são responsáveis pela maior parte da produção fotossintética mundial, provavelmente porque são mais competitivas nas comunidades mistas, onde existem efeitos de sombreamento, onde a luminosidade, temperatura etc., são médias ao invés de extremas (Odum, 1988).

A taxa de isótopos de carbono e nitrogênio são fracionados durante a produção primária de matéria orgânica. Plantas terrestres C₃ têm valores de $\delta^{13}\text{C}$ entre - 23 e - 34 ‰, com uma média de - 27 ‰. Já o C₄ envolve um fracionamento muito menor, e essas plantas C₄ têm $\delta^{13}\text{C}$ entre - 9 e - 17 ‰, com uma média perto de - 13 ‰. Plantas marinhas, que são todas C₃, podem utilizar tanto bicarbonato dissolvido assim como CO₂ dissolvido. O bicarbonato da água do mar é cerca de 8,5 ‰ mais pesado que o CO₂ atmosférico; como resultado, plantas marinhas têm uma média, cerca de 7,5 ‰ maior de $\delta^{13}\text{C}$ que plantas C₃ terrestres. Em contraste com a relativamente uniforme composição isotópica do CO₂ atmosférico, a composição isotópica do carbono do carbonato marinho varia de acordo com o processo biológico. A composição isotópica das plantas marinhas é mais variada, devido à grande variedade de fontes de carbono fixado por elas. Finalmente, cianobactérias marinhas (algas azul-verdes), tendem a fracionar menos isótopos de carbono durante a fotossíntese que as verdadeiras plantas marinhas, por isso tendem a uma média de 2 à 3 ‰ maior de $\delta^{13}\text{C}$ (Figura 3).

Com relação aos fracionamentos subseqüentes passados pela cadeia alimentar, está a formação dos ossos dos vertebrados (biomineralização), cuja composição isotópica depende principalmente dos alimentos e água ingeridos.

Acredita-se que o $\delta^{13}\text{C}$ do carbonato da apatita biogênica seja muito mais resistente às alterações diagenéticas que o $\delta^{18}\text{O}$ (Wang & Cerling, 1994). Assim o carbonato estrutural da apatita retém o sinal original do $\delta^{13}\text{C}$ em sistema diagenético fechado. Em sistema diagenético aberto, somente o esmalte, devido à baixa porosidade preservaria a assinatura isotópica primária para o $\delta^{13}\text{C}$.

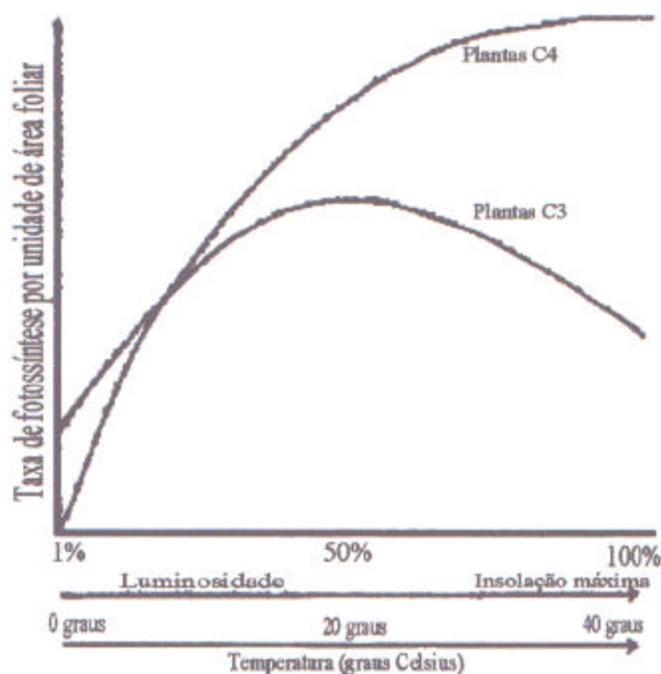


Figura 2 - Comparação da resposta fotossintética de plantas C₃ e C₄ a aumentos de luminosidade e temperatura (modificado de Odum, 1988).

A principal dificuldade com o conteúdo de carbonato da apatita dos ossos é saber se ele é parte integrante da estrutura do cristal ou se é externa a ele (absorvida na superfície do cristal ou em fase separada). Se o íon carbonato substitui íons na estrutura, é provável que ele ocorra em dois lugares: na posição da hidroxila ou substituindo os íons de fosfato.

A análise isotópica de herbívoros plio-pleistocênicos do Arizona, por exemplo, mostra que as razões dos isótopos de carbono da apatita do esmalte fóssil, retém o sinal biogênico, associado com o consumo de vegetação do tipo C₃ ou C₄ no paleoambiente (Wang *et al.*, 1991).

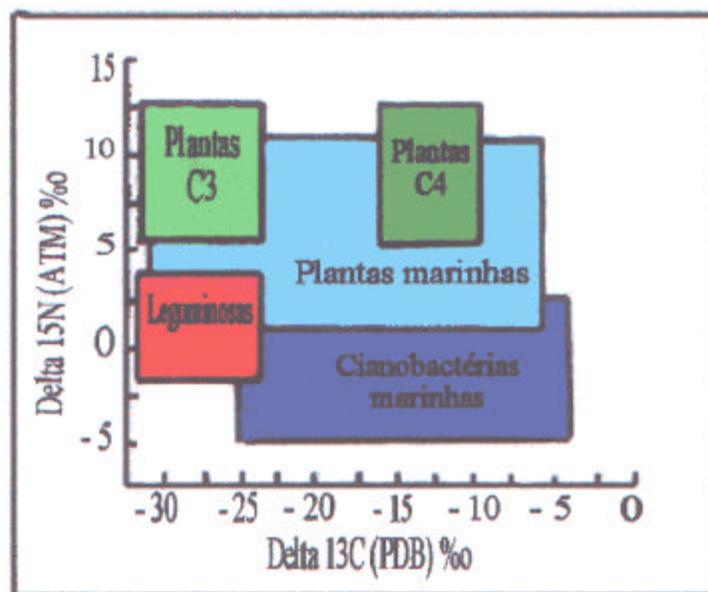


Figura 3 - Relação entre $\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^{15}\text{N}$ sobre as principais classes de autótrofos (modificado de Schoeninger & DeNiro, 1984).

c) Isótopos estáveis de oxigênio.

As amostras e o métodos utilizados para as análises de isótopos de oxigênio foram os mesmos utilizados nas análises de isótopos de carbono.

Apesar das análises de isótopos de oxigênio não ser um processo rotineiro na paleontologia, pelo fato de que nem sempre podemos encontrar quantidade suficiente do fosfato original preservado nos ossos fossilizados, estas análises têm fornecido bons resultados nas interpretações paleoclimáticas e na determinação de paleotemperaturas (Smith & Patterson, 1994).

Existem dois tipos de isótopos, segundo o tempo de decaimento radioativo: os isótopos estáveis e os isótopos instáveis. Os isótopos estáveis possuem um núcleo com

configuração estável e as suas concentrações num sistema fechado são invariáveis com o tempo, salvo se eles são radiogênicos na origem. Ao contrário, os isótopos instáveis ou radioisótopos têm seu núcleo instável e se modificam com o tempo por decaimento radioativo, cuja taxa é expressa pela “meia-vida” (Hoefs, 1987 apud Viana, 1999).

A quantidade de um determinado isótopo estável, concentrado nos seres vivos, está intimamente relacionada com as condições ecológicas, ou seja, depende do meio e de suas propriedades físico-químicas, variando portanto com as modificações ambientais (Bowen, 1994 apud Viana, 1999). Por isso, é possível estimar as condições ambientais a partir das razões dos isótopos estáveis em material fossilífero.

Segundo (Hoefs, 1987), as variações de isótopos estáveis são produzidas pelo processo de fracionamento isotópico, causado pelas pequenas diferenças químicas e físicas entre os isótopos de um elemento. As diferenças nas propriedades físicas e químicas, por sua vez, advêm das diferenças na massa atômica dos isótopos de um elemento. A repartição dos isótopos em duas substâncias, com diferentes razões isotópicas é chamada de fracionamento isotópico. As ligações envolvendo o isótopo mais leve são mais fracas que aquelas envolvendo o isótopo mais pesado.

Esses princípios básicos de fracionamento isotópico, aliados às tendências naturais dos seres vivos de “Preferência isotópica”, controlam a distribuição dos isótopos na biosfera (Viana, 1999).

Pelo fato das biomineralizações serem produzidas pelo equilíbrio entre o metabolismo do organismo e o meio ambiente em que ele vive, o estudo dos isótopos estáveis em minerais biogênicos pode ser um bom indicativo paleoambiental.

A composição de isótopos de oxigênio no fosfato em ossos e dentes de mamíferos ($\delta^{18}\text{O}_{\text{po}_4}$) é ligada ao $\delta^{18}\text{O}$ da água ingerida ($\delta^{18}\text{O}_w$). A base para esta relação deve-se ao fato dos mamíferos serem endotérmicos (a temperatura do corpo deles é controlada metabolicamente e é relativamente constante), e o fosfato biogênico precipita em equilíbrio com a água do corpo (Longinelli, 1984; Luz *et al.*, 1984 apud Bryant *et al.*, 1984).

2.3.4 Tratamento dos dados

Os dados foram tratados segundo a metodologia aplicada aos estudos tafonômicos, baseando-se em Simões & Holz (2000), que descrevem as feições macroscópicas e microscópicas empregadas na descrição das concentrações fossilíferas.

3 CARACTERÍSTICAS GERAIS DA ÁREA

3.1. Clima

De acordo com a classificação de Köppen o clima da região onde se encontra a área estudada é semi-árido, com chuvas escassas de outono e inverno. O regime pluviométrico caracteriza-se por precipitações irregulares tanto no correr dos anos quanto dos meses, com o total anual das precipitações variando entre 250 mm e 800 mm.

A temperatura oscila entre os 23⁰ C, nos meses mais frios e 39⁰ C, durante a estação seca. No entanto, durante uma etapa de campo realizada em novembro de 1998 registramos uma temperatura de 46⁰ C à sombra às 12h do dia (à altura de 1,70m). Os máximos totais pluviométricos ocorrem no inverno, estando a distribuição dos trabalhos agrícolas subordinada a este período mais chuvoso, referente aos meses de maio, junho e julho. Geralmente neste período do ano forma-se um centro de alta pressão sobre o atlântico, cuja ação conjunta com as massas de ar polares que atingem esta área, trazidas pelos ventos alísios de sudeste, provocam as chuvas (RADAMBRASIL, 1983).

3.2 Vegetação

A área em estudo faz parte do domínio morfoclimático das Caatingas (mato branco no idioma tupy, em alusão ao fato das árvores, na seca, ficarem sem folhas e assumirem coloração cinza-esbranquecida; a paisagem só se torna verde na época das

chuvas). A área do domínio das caatingas no território alagoano distribui-se pela zona sertaneja ocupando a porção oeste do estado. O período seco da sua área de atuação é sempre superior aos 150 dias, o que proporciona uma decidualidade foliar extrema dos seus ecótipos, podendo atingir os 100 % deles, em conformidade com o prolongamento da estacionalidade que, em situações normais, e em pontos isolados, aproxima-se dos 10 meses (Assis, 2000).

A Caatinga se estende por sobre os terrenos originários de rochas cristalinas, aos quais a geomorfologia classifica como “Pediaplano Sertanejo” (Nou *et al.*, 1983 *apud* Assis 2000).

Apesar da vegetação de caatinga na área em estudo ter sido substituída por plantações de subsistência como o milho, o feijão e a palma para alimentar as criações, em alguns locais (principalmente próximo às encostas), podemos observar a presença de pequenas árvores, em geral espinhosas, além de cactáceas e bromeliáceas.

As principais espécies de vegetais, encontradas na área fazem parte dos seguintes grupos:

Arbóreas - *Tabebuia aurea* (craibeira, árvore símbolo de Alagoas), *Chorisia* sp (barriguda), *Spondias tuberosa* (umbuzeiro), *Ziziphus joazeiro* (juazeiro), *Schinopsis brasiliensis* (baraúna), *Aspidosperma pyrifolium* (pereiro), *Caesalpinia pyramidalis* (catingueira), *Mimosa hostilis* (jurema-preta), *Cnidocolus phyllacanthus* (faveleira) e a palmeira *Syagrus coronata* (ouricuri).

Cactáceas: *Melocactus bahiensis* (coroa-de-frade), *Cereus jamacaru* (mandacaru), *Pilosocereus gounellei* (xiquexique) e *Opuntia inamoena* (quipá).

Bromeliáceas: *Bromelia laciniosa* (macambira), *Encholirium spectabile* (macambira-de-flecha), *Tillandsia streptocarpa* e *Tillandsia recurvata*.

3.3 Recursos Hídricos

O Município de Maravilha está ligado a duas bacias hidrográficas: a do rio Capiá (porção ocidental) e do rio Ipanema (porção oriental), ambas no contato entre o médio e o baixo curso destes rios, drenando respectivamente 160 e 108 km². Os riachos que formam as citadas barras apresentam-se temporários, com direcionamento conseqüente de extensão média aproximada de 20 km. Apresentam um padrão de drenagem dendrítica, de escoamento endorreico, onde a drenagem não chega até o mar

(RADAMBRASIL, 1983). Seus principais cursos d'água são: o rio Capiá ao oeste, limite com o Município de Canapí, o riacho Tigre afluente da margem esquerda do rio Capiá, o riacho Pedra da Bola, ao norte, limite com o Estado de Pernambuco e o riacho do Tenente, ao sul, sendo os dois últimos afluentes da margem direita do rio Ipanema.

Segundo Fernandes Lima (1965), a bacia hidrográfica do rio Ipanema é a principal, na área próxima à fazenda Ovo da Ema. Ele nasce na serra do Ororobá, junto à cidade pernambucana de Pesqueira e tem uma extensão aproximada de 220 km. Chega ao Estado de Alagoas, na confluência do riacho Tapera, e ocupa um pequeno trecho de fronteira até a vila de Quandu. Seu leito está cheio de calhaus e seixos rolados, além das aluviões (areia, argila e restos orgânicos), formando terraços marginais ou no próprio leito. Junto a cidade de Santana do Ipanema forma um boqueirão e orienta-se por fraturas ou falhamentos.

A largura da calha do rio Ipanema mostra ser considerável a área de sua bacia, e seu entalhe no pediplano sertanejo tem acentuada influência na topografia, que se amplia lateralmente, obrigando a que seus afluentes mais se encravem no leito, marcando a rede de sua drenagem com um processo erosivo mais atuante (Fernandes Lima, 1965).

Visto que o próprio rio Ipanema, que tem o maior volume de água dentre os demais rios que cortam o município, na passagem pela área estudada, também é temporário, a região apresenta uma grande carência hídrica

As propriedades são abastecidas com água trazida por carros-pipas cedidos pela prefeitura, e utilizando-se de cisternas construídas ao lado das casas para armazenar água da chuva, que é conduzida por bicas colocadas em torno dos telhados e “cacimbas” que correspondem a depressões do embasamento cristalino normalmente assoreadas por sedimentos pleistocênicos. A atividade de retirada dos sedimentos dessas “cacimbas” para acumulação de água de chuva no inverno, tem levado à descoberta de jazigos fossilíferos de megafauna.

3.4 Geomorfologia

As informações geomorfológicas foram retiradas do RADAMBRASIL (1983; ediscutidas com J. A. Costa, 2001).

O relevo da área apresenta um predomínio de terras com altitudes médias, em torno de 400 metros, ocorrendo na porção centro-leste de Maravilha as maiores elevações, onde alcançam mais de 800 metros, destacando-se a Serra da Caiçara, com 840 metros (segundo ponto mais elevado de Alagoas).

Em termos de macrocompartimentos, nos quais prevalecem grandes tipos de arranjos morfoestruturais, o Município de Maravilha está contido no domínio morfoestrutural dos **Maciços Remobilizados**, integrado à Plataforma do Nordeste, reativada durante o evento termo-tectônico do Ciclo Brasileiro, e estabilizado recentemente. Encontra-se incluída neste domínio a região geomorfológica do **Baixo Planalto Pré-litorâneo**, representado pela unidade geomorfológica do **Pediaplano Sertanejo**, forma resultante da coalescência de pedimentos, depósitos que ocorrem em áreas submetidas a clima semi-árido, em consequência da erosão areal, pelo recuo paralelo das encostas (RADAMBRASIL, 1983).

A morfologia desta unidade é resultante da ablação de rochas Pré-Cambrianas principalmente, e representados por metaxistos, quartzitos e diatexistos com inclusões de metassedimentos do Pré-Cambriano superior. As diferenças de resistência litológica resultaram em elevações de blocos residuais (Serra da Caiçara e o Serrote dos Solteiros), os “*inselbergs*”. Estas formações são caracterizadas por encostas convexas dissecadas e cristas assimétricas (*hogback*), representadas pelos granitóides do tipo Águas Belas. A homogeneidade das feições é responsável pela elaboração de vastos pedimentos de topografia plana e ramificada em direção aos fundos dos vales abertos (RADAMBRASIL, 1983).

Para compreender as formas atuais encontradas na área, necessário se faz uma retrospectiva da evolução regional a partir do Terciário Superior. Durante esse período, o continente americano foi palco de um lento soerguimento acompanhado por tectônica progressivamente menos intensa, fator determinante para a compartimentação atual do relevo. A partir daí, estabeleceram-se os processos erosivos, promovendo a elaboração de superfícies de aplanamento principalmente durante o Plioceno e o Pleistoceno, dando origem a grande volume de detritos.

A área evoluiu, portanto a partir do final do Terciário, sendo definida por feições morfoclimáticas e climatobotânicas semi-áridas.

No decorrer do Pleistoceno o clima do Nordeste, embora tenha apresentado fases ligeiramente úmidas, tendeu para clima semi-árido. Os processos de erosão regressiva

penetraram através dos vales fluviais que se encaixavam nas diversas rochas, acumularam terraços, passando gradativamente para pedimentos embutidos. As formações superficiais encontradas sobre os planos de erosão que compõem o pediplano são constituídas por solos do tipo planossolos e “solonetz” solodizados, além de brunus não-cálcicos e litossolos, indicadores de processos morfogenéticos responsáveis pela erosão areal e alargamento dos espaços interplanálticos por recuo das encostas.

Localmente, em toda superfície aparecem relevos residuais (*inselbergs*), dissecados com pedimento detrítico, que se estende do sopé até as margens do rio Ipanema. Na margem esquerda os “*inselbergs*” encontram-se mais próximos do Vale do rio Ipanema e com maiores altitudes. Por outro lado, na margem direita o relevo é mais suave, observando-se uma amplitude altimétrica de 42 metros entre o sopé dos “*inselbergs*” e o leito do rio Ipanema, que é alcançado através de depósitos heterométricos grossos, com seixos pouco rolados e areia grossa. Esses sedimentos carregados por enxurradas quando dos aguaceiros que caíram na área, depositaram-se no sopé das encostas e margem, preenchendo depressões encontradas ao longo do curso do rio, distantes do leito aproximadamente 4 km (J. A. Costa, 2001, com. verbal). Tais enxurradas também seriam responsáveis pelo acúmulo de ossos de mamíferos.

No Holoceno, a zonação climática encontrava-se definida, variando do litoral para o interior. Durante a última regressão marinha, quando os rios desembocavam distante da linha de costa atual, teve início uma importante retomada da erosão regressiva. A esta, sucedeu-se a transgressão flandriana, responsável pela acumulação de depósitos fluviais relacionados com as variações climáticas pós-glaciações.

Atualmente a área apresenta condições morfogenéticas semelhantes àquelas em que foi gerada: clima semi-árido com precipitações que variam de 400 a 700 mm, vegetação de caatinga rala recobrando planos fracamente inclinados sobre os quais são deixadas marcas de escoamento superficial difuso, que propicia o carreamento dos materiais finos e a concentração de grossos, o que contribui para o empobrecimento dos solos.

Os morros residuais, que formam saliências topográficas, mostram encostas desnudas de vegetação e desagregação física intensa. Em torno deles e das escarpas que limitam a unidade, os pedimentos são extremos e parcialmente recobertos por depósitos de *talus* com seixos pouco rolados e areias grossas.

3.5 Geologia

A descrição geológica da área em estudo baseia-se no relatório produzido pelo Serviço Geológico do Brasil - CPRM, que integra o Programa de Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil (PLGB), e que gerou a Folha Aracaju NE (SC.24-X, escala 1:500.000) no ano de 2000.

Geologicamente a área em estudo está localizada na Província Borborema, uma entidade tectônica de idade neoproterozóica (Brasiliano-Pan-Africano).

A área está inserida no maciço Pernambuco-Alagoas, também conhecido como Batólito Pernambuco-Alagoas (Shaller, 1969), Maciço de Itaíba (Santos, 1971), área cratogênica Pernambuco-Alagoas e Maciço Pernambuco-Alagoas (Brito-Neves, 1975).

O Maciço Pernambuco-Alagoas apresenta uma forma aproximadamente triangular, com estrangulamentos e protuberâncias laterais, tendo sua base aproximadamente entre Recife e Maceió, daí se estendendo no sentido EW até a região leste do Estado de Pernambuco (ao sul de Pamamirim) onde é interrompido pelos metassedimentos que constituem o sistema de dobramento Riacho do Pontal.

Segundo Luna (1977) é possível distinguir três seqüências litoestratigráficas na faixa de domínio deste maciço, em território alagoano: a **seqüência do embasamento**, retrabalhada durante o Pré-Cambriano Inferior (Arqueano), desenvolvidas a partir de 3,2 bilhões de anos, pelos eventos termotectônicos dos ciclos Tranzamazônico, Espinhaço e/ou Brasiliano, que se encontra localizada na porção central do município, representada pelos complexos migmatítico-granítico (Pmi/gr) e gnáissico-migmatítico (Pgn); a **seqüência magmática ácida tardi e pós-tectônica**, retrabalhada durante o Pré-Cambriano Superior (Proterozóico), a partir de 680 milhões de anos, pelo evento termotectônico do ciclo Brasiliano, que encontra-se localizado na porção norte do município de Maravilha, limite com o Município de Ouro Branco-AL e na porção sul, limite com o Município de Poço das Trincheiras – AL, incluindo os granitóides tipo Mata Grande (Pmg), Águas Belas (Pab), Caribas (Pab) e Glória (Pgo) e a **seqüência constituída pelas rochas porfiroblásticas (Pp) e agmatitos (Pag)**.

Os mais importantes complexos batolíticos do Nordeste ocorrem neste maciço, com granitóides de vários tipos, provavelmente resultantes do ciclo brasileiro.

A área em estudo estaria inserida na seqüência **ácida tardi e pós - tectônica**, onde encontram-se depressões preenchidas por sedimentos pleistocênicos (Bigarella *et al.*, 1994).

3.5.1. Terciário - Quaternário

No estado de Alagoas, e em todo Nordeste brasileiro, encontram-se depressões na maioria das vezes de forma ocelar (Foto 1), ovalada ou circular, nas rochas do embasamento cristalino, preenchidas por sedimentos, podendo conter em seu interior restos de mamíferos pleistocênicos.

Bigarella *et al.* (1994), definem os “buracos” ou depressões de intemperismo como qualquer espécie de reentrância ou cavidade na superfície da rocha, produzida pelo intemperismo predominantemente químico. Essas depressões têm numerosos termos encontrados na literatura internacional como: *solution pit*, *solution pan*, *weathering pit*, *gnamma*, *flaking hollows*, *tafone*, etc.

O termo *gnamma*, de origem australiana, tem sido bem aceito internacionalmente (Twidale & Corbin, 1963 *apud* Bigarella *et al.*, 1994), sendo encontrado em superfícies horizontais.

Nas superfícies do Nordeste brasileiro, bem como em outras regiões similares, desenvolveram-se várias formas características (com certa profundidade, e fundo geralmente mais largo do que a abertura superior), conhecidas como: a- “cacimbas” e “oriçangas” no sertão nordestino; b- *gnammas*, na literatura internacional; c- depressões ou potes de intemperismo. Entretanto, essas formas de cisternas naturais de água não são exclusivas do trópico semi-árido, ocorrendo igualmente no úmido e nas regiões temperadas, e mesmo no ártico, em áreas mais úmidas. O termo “cacimba” (em Alagoas também chamadas de tanques), é muito vago referindo-se a qualquer depressão contendo água, independentemente da natureza da rocha cristalina ou de depósitos sedimentares consolidados ou inconsolidados (Bigarella *et al.*, 1994).

O mesmo autor diz, serem conhecidas pelo menos três formas principais de cavidades de intemperismo: a mais comum, desenvolvida na parte superior da superfície da rocha granítica (com estruturas em fatias, devido às diáclases de descompressão), é relativamente rasa e de fundo plano. Os lados tendem a ser íngremes e revirados ou pendentes (negativos) na parte superior, principalmente nas faces sombreadas. As

menos comuns são os potes, marmitas ou panelas hemisféricas alongadas ou irregulares (referidos no nordeste brasileiro como cacimbas), formados, em rocha relativamente homogênea, os quais atingem vários metros de diâmetro (6m ou mais) e de profundidade (8m ou mais).



Foto 1 – Depósito de tanque (fossilífero) de forma ocelar, escavado por moradores da Fazenda Ovo da Ema, para armazenar águas das chuvas.

As “cacimbas” encontradas nas regiões semi-áridas brasileiras (Ceará, Piauí, Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco, Alagoas, Sergipe, e norte da Bahia) constituem depressões ou escavações naturais formadas nos afloramentos de rochas cristalinas, pela ação intempérica da água atuando sobre determinadas diáclases, coadjuvada pela ação biológica, especialmente, de vegetais inferiores.

Segundo Paula-Couto (1980 *apud* Bigarella *et al.*, 1994), a ação erosiva formando cacimbas parece ter sido mais efetiva do final do Pleistoceno ao começo do Holoceno, coincidindo com a mudança climática do úmido para o seco que ocorreu nesse intervalo de tempo, causando o desaparecimento das ricas savanas e extinção de grande parte da fauna de vertebrados.

Com a mudança climática, as “cacimbas” (tanques) desempenharam um papel importante na sobrevivência de muitos animais nas fases mais secas do Pleistoceno,

transformando-se nos últimos bebedouros naturais remanescentes, constituindo-se nos lugares de convergência da rica fauna de vertebrados. Grande número desses animais, principalmente os mamíferos, pereceu de sede e de fome próximo das “cacimbas” ou mesmo no seu interior, tendo sido soterrados com aluviões pela ação de enxurradas torrenciais. Em geral, os sedimentos das “cacimbas” são compostos caracteristicamente por areia quartzosa grossa, recobertos por sedimentos silticos ou argilosos. Os sedimentos finos freqüentemente são removidos pela ação das enxurradas (Paula-Couto, 1980).

Segundo Bigarella *et al.* (1994), numa superfície plana da rocha cristalina, determinados pontos (aparentemente, mesmo sem influência das diáclases) podem sofrer maior ação da umidade, originando pequenas depressões muito rasas (poças) que evoluem em forma de bacias com larguras e profundidades progressivamente maiores. Esse fenômeno tem origem igualmente no cruzamento de diáclases ou ao longo de uma única diáclase. Nas pequenas depressões (poças), assim formadas, acumula-se, periodicamente, água, que na presença de restos orgânicos atua na alteração dos silicatos e, principalmente dos feldspatos. Com o aumento progressivo da profundidade, a água contendo ácidos orgânicos passa a atuar por tempo cada vez maior. Quando do nível de água mais elevado, nas paredes da depressão verifica-se uma ação química corrosiva de solapamento, que atua lateralmente para o interior da rocha, originando uma forma de bacia com bordas pendentes (negativas). Com o decorrer do tempo a bacia assume dimensões maiores mantendo no seu interior a água.

Algumas depressões de intemperismo, com a presença da vegetação, possivelmente tiveram como única causa do início de sua formação, a ação das raízes que penetram ao longo das diáclases e nas fissuras e interstícios da rocha. Inundações e enxurradas periódicas contribuíram para a eliminação dos detritos acumulados na cavidade, parecendo essenciais ao seu desenvolvimento (Bigarella *et al.*, 1994). Além disso, os fósseis são encontrados, geralmente, no sedimento arenoso do fundo destas cavidades, alguns com marcas de rolamento, em sua grande maioria fraturados e desarticulados (exceto partes de carapaça de gliptodontes).

Algumas cavidades de intemperismo estão circundadas por um anel de rochas salientes que sobressaem tanto da depressão quanto da superfície adjacente (Ollier, 1975 *apud* Bigarella *et al.*, 1994), como é o caso de algumas “cacimbas” em Maravilha (Foto 2).

Rolim (1974) considera fundamental na formação dos tanques nordestinos o processo de aplainamento de um relevo rejuvenescido pelos efeitos do neo-tectonismo Terciário, pondo em exposição a superfície não intemperizada do Complexo Cristalino Pré-Cambriano. A ação hidráulica de antigas vertentes incidia sobre a superfície desnuda das rochas graníticas, num relevo em fase de elaboração, no decurso das flutuações climáticas do Terciário-Quaternário. Nesse estágio da paisagem, a impetuosidade e agressividade das águas esculpiram ao longo de diáclases ou superfícies de cisalhamento, próximo aos lineamentos estruturais do Nordeste, fracamente reativado, com balanço epirogênico de baixa amplitude, propiciando entalhamento de formas variadas, porém predominando a forma ocelar, com eixo maior paralelo ao plano de fraturas (Foto 1).

No final do ciclo de aplainamento do Quaternário, a região encontrava-se praticamente rebaixada. Os antigos braços de rios teriam atingido o nível de base em relação aos tanques, tendendo a desviar seus cursos por erosão diferencial e, num processo coalescente, uniram-se entre si em planuras, deixando inúmeros maciços rochosos isolados, sobre os quais se encontram engastados paleoterraços por vezes fossilíferos, no fundo dos tanques, registrando idade plesitocênica superior (Rolim, 1974).



Foto 2 - Tanque fossilífero na fazenda Ovo da Ema, com forma circular limitado por um anel de rochas. Ao fundo sedimentos retirado do seu interior com muitos ossos de megamamíferos (seta).

Corpos graníticos desnudos são freqüentes em toda extensão do núcleo Pré-Cambriano do Nordeste, sob a forma de “*inselbergs*”, como testemunho de um processo caótico de erosão, durante a gênese do relevo. Esses tipos de depressões permaneceram parcialmente abertos, como recipientes aquíferos naturais até parte dos tempos atuais, sofrendo, entretanto, paulatina ampliação de seus bordos pelo intemperismo constante e conseqüente entulhamento pelo material desagregado e precipitado, inclusive por transporte eólico, até o completo assoreamento (Rolim, 1974).

Geograficamente, essas depressões se distribuem por todas as latitudes da Província Nordestina, onde quer que se encontre exposição do embasamento cristalino.

Topograficamente, os jazimentos dessa natureza, encontram-se em todas as altitudes, desde o pediplano superior, nas serras de Teixeira (PB) e Triunfo (PE), até os níveis pedimentares com altitudes de 300 a 500 metros, como é o caso das ocorrências em Alagoas, inclusive no município de Maravilha.

De maneira geral, a geomorfologia nas áreas de tanque é caracterizada pela presença de “*inselbergs*” e colinas próximas, que se destacam na topografia como testemunhos residuais de antigas elevações.

4. TAFONOMIA DE MAMÍFEROS TERRESTRES EM PLANÍCIE COLÚVIO-ALUVIONAR E SUAS IMPLICAÇÕES PALEOECOLÓGICAS – ESTADO DA ARTE

Neste capítulo procurou-se fazer uma síntese sobre os processos de fossilização que envolvem mamíferos terrestres em planície colúvio-aluvial, uma vez que se atribui esse sistema deposicional às ocorrências de mastofauna pleistocênica na área em estudo.

Simões & Holz (2000) discutiram amplamente o assunto Tafonomia, que serviu de base para esta síntese.

O termo Tafonomia, utilizado para definir os processos de fossilização foi introduzido por Efremov (1944, *apud* Simões & Holz, 2000) para designar o estudo das “leis” que governam a transição dos restos orgânicos da biosfera para litosfera. No entanto, esta definição é muito ampla, sendo em parte sinônimo dos termos **processos de fossilização, paleobiologia, bioestratinomia e actuopaleontologia**. Behrensmeyer & Kidwell (1985) apresentam uma moderna definição para a Tafonomia, como o estudo dos processos de preservação e como eles afetam a informação no registro fóssilífero, compreendendo duas amplas etapas de investigação: a – Bioestratinomia e b – Diagênese dos fósseis (Seilacher, 1976 *apud* Simões & Holz, 2000; Flessa *et al.*, 1992). Ainda pode ser levada em consideração na análise tafonômica o estudo da necrólise, abrangendo a morte e a decomposição dos organismos (Weigelt, 1989; Cadée, 1991; Allison & Briggs, 1991 *apud* Simões & Holz, 2001), a fase de soerguimento tectônico e a influência das técnicas e métodos de coleta e preparação dos fósseis (Clark *et al.*, 1967).

Seilacher (1970, *apud* Simões & Holz, 2000) trata os restos orgânicos como partículas sedimentares, as quais estão sujeitas aos mesmos processos de transporte, concentração e seleção dos demais clastos, no ciclo exógeno, sofrendo, portanto, importantes distorções ou tendenciamentos no registro da biota. Nesse trabalho, ele emprega os termos **retrato de vida** e **retrato de morte**, pois normalmente, as concentrações fóssilíferas mostram o retrato de morte, distorcido pelas etapas

tafonômicas, possuindo pouco valor paleoecológico. Neste contexto, uma das metas da paleontologia é a compreensão do retrato de vida, a partir da identificação e descrição dos dados tafonômicos, sedimentares e temporais que atuaram para formar o retrato de morte.

A tafonomia, por sua própria natureza, é interdisciplinar, pois envolve conhecimentos paleontológicos, sedimentológicos, estratigráficos, biológicos e ecológicos em uma ampla escala (temporal/geográfica) de análise dos dados (Figura 4).

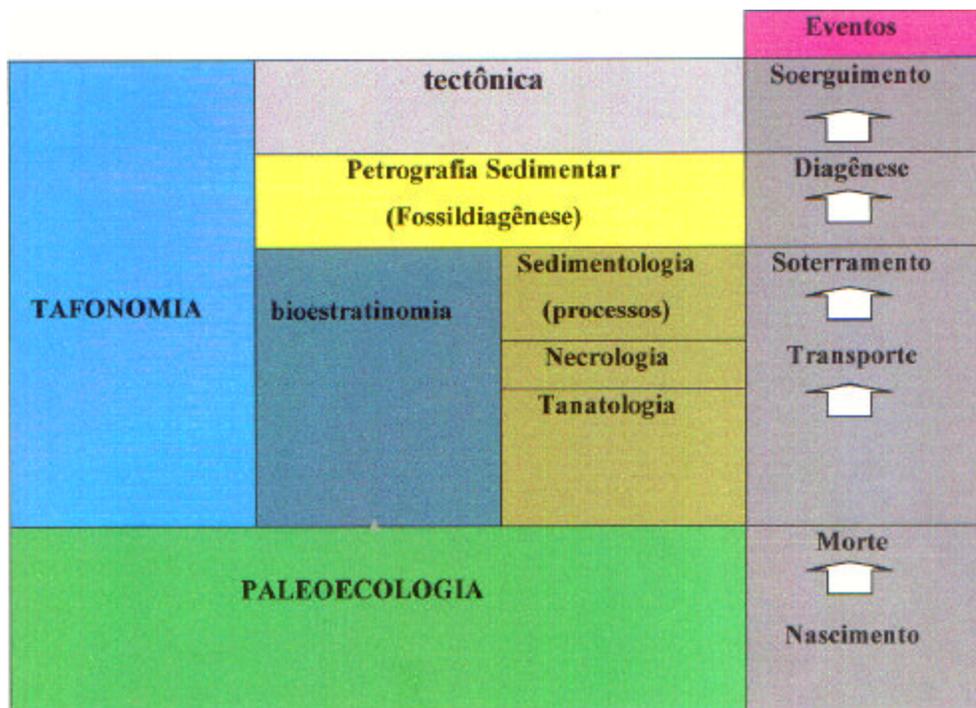


Figura 4 – Relações entre a tafonomia, suas subdivisões e os eventos responsáveis pela origem das concentrações fossilíferas (modificado de Simões & Holz, 2000).

4.1. Tafonomia

A tafonomia aborda duas etapas nas investigações: a – Bioestratinomia e b – Diagenese dos fósseis.

a) Bioestratinomia

A bioestratinomia ocupa-se do estudo da deposição dos fósseis nos estratos, deduzindo as causas da morte dos animais, condições de soterramento dos restos orgânicos, grau de desagregação dos restos fossilizados e critérios que permitam determinar a ordem normal de superposição dos estratos.

A causa de morte de um animal fossilizado pode, por vezes, ser inferida com base na natureza do sedimento que está incluído, por sua posição no estrato e pelo estado de decomposição e/ou desagregação do esqueleto; e eventualmente, pelos vestígios que possam ficar, no caso de ter sido devorado por outro animal carnívoro (Melendez, 1982).

Segundo Simões & Holz (2000), comumente, a modificação pós-morte dos restos esqueléticos é função de sua susceptibilidade à ação de um conjunto de processos bioestratinômicos e o tempo de exposição a estes processos. O **transporte** e **reorientação**, a **desarticulação** (separação dos restos esqueléticos por decomposição bacteriana dos tecidos de conexão), a **fragmentação** (quebra dos elementos esqueléticos), e a **corrosão** (combinação de abrasão mecânica e corrosão biogeoquímica dos bioclastos), compõem o conjunto de processos bioestratinômicos que devem ser analisados em uma associação fossilífera.

b) Diagênese dos fósseis

A diagênese dos fósseis trata da **mineralogia** e **microarquitetura esquelética preservadas**.

Muitos dos minerais que compõem o endo ou exoesqueleto dos organismos (biomineralizações) são instáveis às modificações químicas no ambiente diagenético e pós-diagenético, podendo recristalizar-se, sofrer dissolução ou substituição.

Diversos fatores são responsáveis pela dissolução das partes duras esqueléticas, especialmente as águas intersticiais (diagênese) e as águas subterrâneas e superficiais (intemperismo), associados com as variações no pH do ambiente (Mendes, 1988). A ocorrência de poros e cavidades nas partes duras esqueléticas e na rocha, podem ainda influenciar o processo de dissolução. Por outro lado, se o espaço vazio deixado pela dissolução do esqueleto não for preenchido, restaria apenas sua impressão física na matriz, que daria origem aos moldes internos (convexos) e externo (côncavo).

Outras biomineralizações são mais estáveis às transformações diagenéticas como a hidroxilapatita, presente nos ossos dos vertebrados. Este mineral permanece total ou parcialmente em ossos fossilizados como, por exemplo, no caso dos peixes cretáceos, preservados em concreções carbonáticas da Formação Santana (Viana & Richter, 1998).

4.2 Mortandade na biota

Um dos requisitos da tafonomia é a investigação da causa de morte dos organismos que compõem as concentrações fossilíferas e a identificação do evento que determinou a morte. Dois são os tipos de mortandade na natureza: um é a morte seletiva, que afeta determinadas faixas de idades na população e é causada por fatores como envelhecimento, doença e predação. É dita morte natural, pois afeta os indivíduos mais jovens ou mais velhos da população.

O outro tipo de morte é a não seletiva ou catastrófica (Figura 5), que ocorre quando um evento de grande magnitude (e.g. grandes enchentes e/ou tempestades, secas muito severas, erupções vulcânicas) atinge grande parte da população indistintamente. Neste caso, as classes de idade irão apresentar uma distribuição que reflete mais ou menos fielmente a composição original da comunidade, com proporção entre juvenis, adultos e senis, de acordo com a estrutura populacional original (Simões & Holz, 2000).

A *causa mortis* catastrófica de mamíferos terrestres pode ser devida a vários motivos; tanto hoje quanto no passado as principais causas destas mortes são por: atividades vulcânicas; gases; incêndios em florestas, campos e pradarias; afogamento; areia movediça; óleo e asfalto bruto; seca, caça; frio e gelo (Figura 5). Weigelt (1927) descreve com detalhe estas causas, servindo de base para as considerações a seguir.

A morte por atividades vulcânicas tem sido registrada em várias localidades do mundo. Na Hungria foram encontrados rinocerontes do Mioceno, entre outros animais soterrados por cinza vulcânica, bem como mastodontes nos Andes. Em terrenos do Terciário da América do Norte, crânios de mamíferos foram encontrados associados à cinza vulcânica. Em relação ao homem, o caso mais conhecido é o das cidades de Herculano e Pompéia que foram cobertas por cinzas provenientes da erupção explosiva do Monte Vesúvio, preservando inclusive a posição dos indivíduos no momento da morte, na forma de “moldes”.



a)



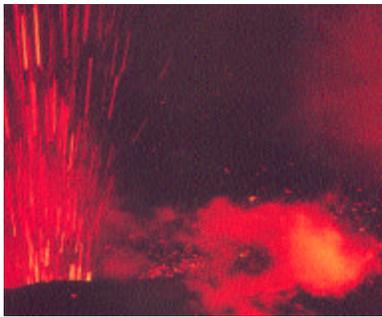
b)



c)



d)



e)



f)



g)



h)

Figura 5 – Ambientes e possível *causa mortis* em mamíferos terrestres: a) seca; b) incêndio em campos; c) preso na lama; d) por gases tóxicos; e) por lava vulcânica; f) frio e gelo; g) cinza vulcânica; h) incêndio em florestas. (a, d, de Baines, 1993; b de Redford, 1987; c e g, de Norman, 1996; e, de Webest, 2000; f, de Penny, 1993; h, de Fearnside, 1990).

A morte por gases, normalmente está associada a atividades vulcânicas, quando emissões de dióxido de carbono são muito drásticas e instantaneamente fatais bem como também é o caso do sulfeto de hidrogênio expelido pelos vulcões.

Os incêndios em florestas, campos e pradarias, devastam e afetam a vida da comunidade. Quando ocorrem causam pânico e os animais fogem em debandada em todas as direções, muitos sucumbem ao fogo.

Outra *causa mortis* é por inundações, quando de proporções considerada catastróficas, pois afetam indivíduos de todas as faixas etárias e atingem principalmente as espécies gregárias, durante as migrações.

Aprisionamento em pântanos e “areia movediça”, devido à plasticidade do sedimento também podem ser responsáveis pela morte de animais, pois podem ficar imobilizados e “afundarem” nestes ambientes. Nos pântanos, devido à grande quantidade de água e muita matéria orgânica em decomposição, não apresentam muita consistência.

4.3 Feições paleoecológicas

Aqui, a interpretação das feições paleoecológicas baseia-se em Simões & Holz (2000). A composição taxonômica das concentrações fossilíferas pode ser monotípica ou politípica, se composta por um único tipo de esqueleto ou por vários tipos de esqueleto, respectivamente. Uma concentração monotípica pode, entretanto, ser poliespecífica, mas toda concentração monoespecífica é obrigatoriamente monotípica.

As concentrações monotípicas apresentam grande valor tafonômico ou paleoecológico, pois refletem, na maioria das vezes, mortandade em massa, condições de auto *estresse* ambiental, de intensa seleção hidrodinâmica ou preservação diferencial, durante o processo de diagênese. Contrariamente, uma baixa seleção hidrodinâmica pode levar à formação de uma concentração politípica e poliespecífica.

Em concentrações fossilíferas de vertebrados, o caráter monotípico de muitas ocorrências é, comumente, resultado de mortandade em massa. Por exemplo, a natureza monotípica das concentrações esqueléticas encontradas nas fácies fluviais meandantes da Formação Judith River (Cretáceo de Alberta/Canadá), as quais contêm grandes concentrações de ossos de dinossauros (ceratossauros) é explicada da seguinte maneira: os ceratossauros viviam em “manadas” muito grandes, nas áreas correspondentes às

planícies de inundação do sistema fluvial que gerou a formação. Essas “manadas”, ao tentarem atravessar os rios, em época de cheia, talvez levados pelo pânico na situação de nível d’água crescente, sofriam diminuição considerável. Os animais morriam por afogamento e após eram depositados nas margens, onde eram temporariamente expostos e retrabalhados até serem definitivamente incorporados aos sedimentos das barras fluviais (Wood *et al.*, 1988). Mecanismo semelhante parece ter sido responsável pela origem de concentrações monotípicas de mamíferos eocênicos do Wyoming, nos Estados Unidos (vide Turnbull & Martill, 1988).

As concentrações de mamíferos nos depósitos de tanques no Município de Maravilha/AL, apresentam um caráter monotípico poliespecífico, pois são concentrações com ossos de mamíferos de várias espécies.

4.4 Exemplos de interpretações paleoecológicas baseadas em mamíferos terrestres.

No estudo de um jazigo fossilífero, não é possível aplicar diretamente os métodos de análise utilizados pelos ecólogos. Deve-se ter em mente as limitações do registro fossilífero, relacionadas à não-preservação total de paleocomunidades e às modificações diagenéticas oriundas do processo de fossilização. Contudo, trabalhos de campo detalhados, através de escavações niveladas das sucessivas camadas sedimentares, pode fornecer dados preciosos de sucessão de comunidades no decorrer do tempo. Em muitos casos o paleoecólogo lança mão de interpretações indutivas, o que não é uma particularidade dos estudos paleoecológicos como sugeriu Gall (1976).

Quando os dados paleobiológicos e sedimentológicos recolhidos de um jazigo fossilífero são finalmente reagrupados nível por nível, sob os diagramas ou os perfis paleoecológicos, permite-se fazer um escopo aos olhos da história da sedimentação e da sucessão da fauna e da flora no curso do tempo. No confronto das diversas informações é possível demonstrar os traços essenciais do meio ambiente (Gall, 1976).

Alberdi & Prado (1995b), no estudo dos equídeos da América do Sul, referem-se a estes como excelentes indicadores paleoambientais e bioestratigráficos, devido à notável documentação que se tem sobre sua evolução e irradiação adaptativa no Hemisfério Norte. No caso particular das espécies dos equídeos sul-americanos, é possível estabelecer uma certa associação entre a morfologia da parte distal das extremidades e o tipo de solo e vegetação que habitaram. Neste sentido, o habitat de *Hippidion* deveria

corresponder a bosques úmidos e solos pouco compactados. *H. saldiasi*, de pequeno tamanho, viveria em um clima frio e úmido, com paisagens de bosques, que poderia dever-se em parte a latitude e/ou altitude. Por sua parte, *H. principale* se vincularia também a um clima frio e úmido e *H. devillei* a um clima relativamente mais seco e quente.

No que diz respeito às espécies de *Equus* (*Amerhippus*), *E. (A.) santaeelenae* é o mais robusto, de ambiente de planície costeira e com solo arenoso. *E. (A.) neogeus* é a espécie grácil e se registra nas planícies dos Pampas Argentinos e Brasileiros, que indicam um ambiente de pastagens xerófitas e solos mais compactados. Por sua vez, tanto *E. (A.) insulatus* como *E. (A.) andium* são formas robustas e de metapodiais comparativamente mais curtos que as formas de planície. O encurtamento pronunciado dos metapodiais deste último parece indicar uma clara adaptação a um ambiente montanhoso, com solos duros e relativamente escarpados (Alberdi & Prado, 1995b).

Outro exemplo de interpretação refere-se aos mega-herbívoros sul-americanos, os quais não são tão suscetíveis a rápidas mudanças climáticas como outras espécies de mamíferos. Uma evidência disso é a ampla tolerância a alternância de climas que se depreende da distribuição das espécies sul-americanas (Alberdi & Prado, 1995).

Em linhas gerais os mastodontes zigodontes são formas comedoras de ramos e de fato preferem ambientes de bosques úmidos tal qual como está documentada na paleofauna da eurásia. Por outro lado, as formas bunodontes habitam zonas mais abertas e comparativamente mais secas, do tipo savana arbórea (Aguirre, 1971; Ginsburg & Tassy, 1977 *apud* Alberdi & Prado, 1995a). Estas preferências gerais de ambos os tipos de mastodontes, provavelmente sejam uma das razões que permitam explicar por que chegaram à América do Sul somente formas bunodontes, vindas da América do Norte (onde viviam ambos os tipos de mastodontes), através do Istmo do Panamá. Analisando-se as adaptações ao alimento e ao habitat com outros dados paleontológicos pôde-se traçar as rotas de migração destes animais, do norte até o extremo sul da América, bem como sua ecologia.

4.5 Ambiente de sedimentação continental colúvio-aluvionar e acumulações fossilíferas

Os ambientes de sedimentação contribuem de maneira significativa para os processos de fossilização, determinando a diagênese e a preservação das feições bioestratinômicas.

No caso dos depósitos sedimentares em tanques, o preenchimento das depressões existentes no embasamento cristalino da área estudada, envolve mecanismos de deposição colúvio-aluvionares.

a) Colúvio

Segundo Bigarella *et al.* (1994), a designação colúvio refere-se ao material que sofreu deslocamento na vertente, isto é, o resultado da movimentação do elúvio = Eluvião (do latim *eluvio*, dilúvio, echente) material alterado que permanece *in situ*, e geralmente não forma contatos nítidos com a rocha mãe, mas sim gradacionais, constituindo, via de regra, a estrutura principal das linhas de crista e ombreiras, constituindo o revestimento subsuperficial quase que generalizado da paisagem.

A designação colúvio (Bigarella *et al.*, 1994) é de caráter geral aplicada aos depósitos soltos e incoerentes encontrados no sopé de uma vertente ou escarpa, sendo para aí transportados principalmente pela ação da gravidade.

Baulig (1956 *apud* Bigarella *et al.*, 1994), considera como colúvio apenas os materiais transportados pelo escoamento pluvial. No entanto para Derruau (1958 *apud* Bigarella *et al.*, 1994), os materiais que descem as vertentes são ditos colúviais, enquanto que os transportados pelos cursos d'água são ditos aluviais.

Plaisance & Cailleux (1958) definem o colúvio, no sentido genético, como sendo constituído pelos materiais transportados em conjunto pelo escoamento superficial ao longo da vertente até o sopé, logo, correspondendo aos materiais que descem a encosta. Os mesmos autores salientam que os colúvios são pouco estratificados ou não apresentam estratificação, não sendo facilmente diferenciáveis dos solos originais. Resultam de pequeno deslocamento através do perfil transversal do vale. Os mesmos autores afirmam que a existência de colúvios liga-se geralmente a desflorestamentos antigos das vertentes, tendo a solifluxão um papel mais importante na sua gênese do que o escoamento superficial.

Bigarella *et al.* (1994) restringem o termo colúvio aos depósitos onde predominam os movimentos de massa (colúvio *sensu stricto*), e utiliza a designação depósitos

colúvio-aluvionares àqueles em que prevalecem os processos de escoamento superficial das águas nas vertentes. Os mesmos autores empregam também a denominação colúvio-aluvionar para descrever muitos depósitos de rampas topográficas, nas quais se torna difícil a distinção entre os dois tipos. Entretanto, o termo colúvio *sensu lato* abrange os depósitos formados pelos dois tipos de processos (movimento de massa e escoamento superficial).

Dentro de uma catena ideal, o colúvio seria encontrado recobrendo as seções médias e inferiores das vertentes, aumentando a sua espessura quando diminuem os declives, entretanto então em contato com o alúvio depositado pelo curso d'água no fundo do vale. Na seção superior da vertente passa a predominar o elúvio, salvo nos locais onde aflora a rocha (Bigarella *et al.*, 1994).

b) Leques Aluviais

Os leques aluviais (*alluvial fans*), também chamados de cones aluviais ou cones de dejeção, são massas de material grosso e mal selecionado (Mendes, 1984), angulares de tamanhos diversos, sob a forma de cascalhos ou conglomerados e areias (Popp, 1987). Frequentemente relacionam-se com rios anastomosados de montanha, dos quais constituem depósitos terminais. Formam-se nos pontos em que o gradiente desses rios decresce bruscamente no *piemonte* (*piedmont*), ou seja, no sopé das montanhas. Originam-se, igualmente, nas *bajadas* de desertos, nas regiões periglaciais e outras regiões, desde que as condições locais imponham uma redução drástica de velocidade ao fluxo de água doce, como por exemplo nas planícies costeiras, quando as montanhas se avizinham das mesmas. Vistos em planta, assemelham-se a leques abertos, razão da sua denominação (Figura 6A). Espraia-se esses depósitos de um ponto referido como ápice (*apex*) e normalmente ocorrem vários deles, um ao lado do outro, da sua coalescência forma-se uma planície aluvial (*alluvial plain*). Seu ângulo de inclinação varia, em geral, de 3° a 6° (Mendes, 1984), podendo chegar a 25° , embora não exceda 10° (Scholle & Spearing, 1992). Podem alcançar até várias dezenas de quilômetros de extensão, ou restringir-se a umas poucas centenas de metros.

Os leques modernos variam em dimensões de 1 a 900 km^2 , alguns nos Estados Unidos possuem um raio superior a 10 km e espessuras em torno de 700 m. Muitos depósitos antigos associados a zonas de escarpas de falhas apresentam vários milhares

de metros de espessura (Suguio & Bigarella, 1990). Apresentam, portanto, na maioria das vezes, tamanho menor daquele de outros tipos de aluviões. Seu perfil radial é, normalmente, côncavo para o alto (Figura 6B). Compõem-se de matacões, calhaus, seixos, areias e siltes. Os sedimentos são imaturos e o grau de arredondamento das partículas tende a aumentar distalmente. Em áreas subsidentes ou falhadas atingem espessuras consideráveis (Mendes, 1984).

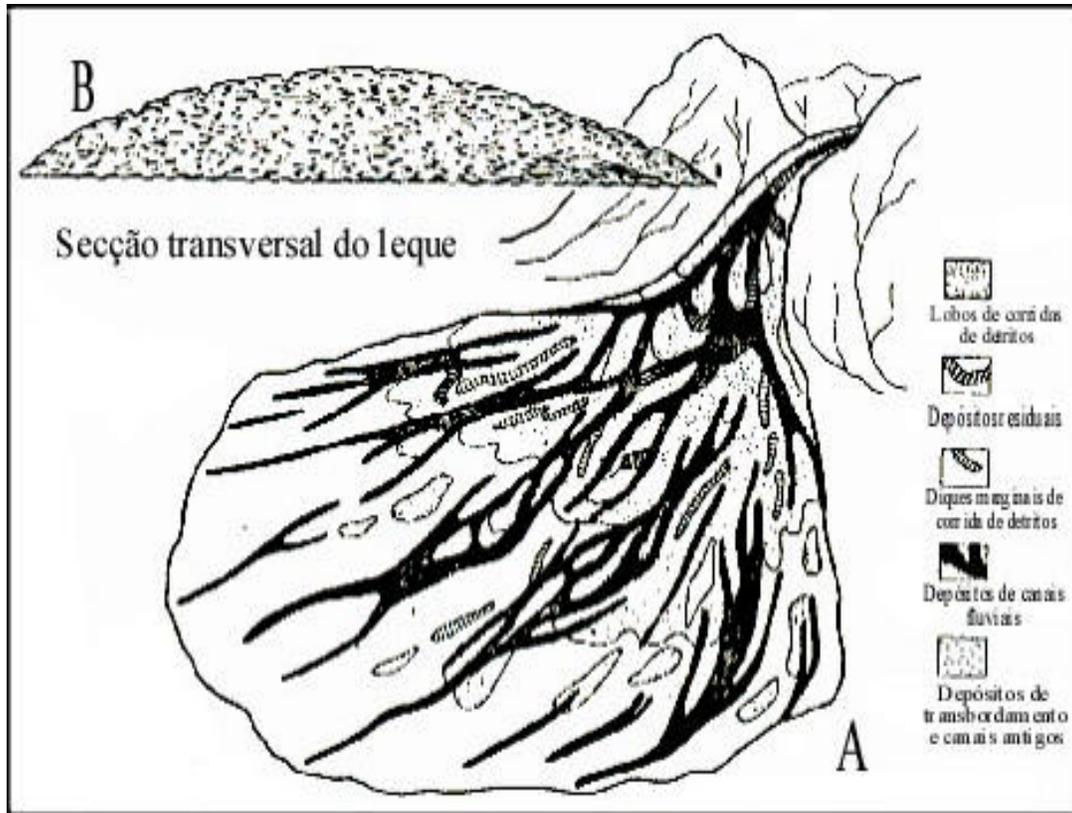


Figura 6 - Distribuição das fácies de um depósito de leque aluvial. A, Vista superior de um leque aluvial; B, Seção transversal do leque (modificado de Spearing, 1974).

O clima e o tipo de rocha-fonte exercem uma forte influência sobre seu tamanho e sua forma (Mendes, 1984). O tamanho dos leques varia de menos de 100 metros a mais de 150 quilômetros de raio, embora a média tenha menos de 10 quilômetros (Scholle & Spearing, 1992). Nas regiões de clima árido, a inclinação dos leques aluviais é maior do que nas de elevada pluviosidade. Chuvas pesadas regulares não são propícias à sua formação, que é mais favorecida pelos climas áridos, semi-áridos e subárticos. O

tamanho e a inclinação desses depósitos sofrem influência também do tipo da rocha-fonte, atingindo valores maiores quando o material provém de lamitos, em comparação com os dos leques formados por material originário de arenitos (Mendes, 1984). Nem sempre os depósitos de leques aluviais são preservados, pois sendo de origem continental estão sujeitos à contínua ação erosiva (Popp, 1987).

A superfície dos leques aluviais é cortada por uma multiplicidade de canais dispostos fundamentalmente segundo um padrão radial, relacionando-se esses canais a diversos ciclos de sedimentação (Mendes, 1984).

Mendes (1984), define três processos que levam à formação desses depósitos: **corrida de detritos**, **corrida de lama** e **corrente aquática**. Os dois primeiros ocorrem de preferência nas regiões de clima árido, onde, a longos intervalos, caem chuvas pesadas. Os climas frios são propícios, igualmente, às corridas de lama.

Distingue-se a **corrida de detritos** (*debris flow*) pela sua curta duração e pela grande quantidade de sedimentos. Assim se denomina uma massa deslocante de fragmentos de rocha, solo e lama. Move-se com velocidade desde 1 metro por ano até cerca de 2,6 quilômetros por minuto. Os depósitos de leques originários de corrida de detritos são mal selecionados, constituindo-se, predominantemente, de areias e macroclastos. Quando a massa deslocante é muito viscosa, os macroclastos dispõem-se caoticamente nos leques; quando mais fluida suborientam-se e, por vezes, observam uma estratificação gradativa.

As **corridas de lama** (*mudflow*) são igualmente massas de detritos que se deslocam encosta abaixo, por ação da gravidade. Eles têm, entretanto, uma quantidade bem maior de material fino que as corridas de detritos e apresentam fluidez muito superior à destas. Quando as partículas de tamanho superior ao das areias ultrapassam 50%, a massa deslizante deve ser qualificada como corrida de detrito. Alguns autores não separam, entretanto, essas duas modalidades de “corrida”.

A presença de rochas contendo argila na área-fonte é um fator predisponente à formação das corridas de lama. Os depósitos de leque que se originam das mesmas são mal selecionados e, geralmente, caóticos.

Acumulações fossilíferas são geralmente raras em depósitos formados por leques aluviais (Scholle & Spearing, 1992), por ser elevado o índice de oxidação dos sedimentos (Mendes, 1984). No entanto, ossos de vertebrados dispersos e fragmentos de plantas podem ser encontrados (Scholle & Spearing, 1992).

No caso dos depósitos de tanques em Maravilha, devido às depressões no embasamento cristalino, ossos e até carcaças inteiras foram levadas para o interior destas, transportadas tanto por **corridas de detrito** em sistemas de leques aluviais, como a partir de acumulações coluvionares.

5 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

5.1 Campo

Foram abertas duas trincheiras em um tanque na fazenda Ovo da Ema, o qual tem 14m de comprimento no sentido NE/SW e 30m de largura no sentido NW/SW. A primeira trincheira com 6m de comprimento por 2m de largura e a segunda com 4m de comprimento por 1,5m de largura. Ambas foram escavadas até 1,5m de profundidade atingindo-se a rocha do embasamento cristalino (foto 3 e 4).

Coletou-se no total 649 peças de ossos de mamíferos, das quais apenas 20 encontravam-se inteiras e 60 parcialmente íntegras. Estas serviram para a identificação das espécies encontradas no jazigo fossilífero. Peças parcialmente íntegras, encontradas em outro tanque escavado pelos moradores da propriedade para armazenar água da chuva e próximo ao tanque estudado (foto 5 e 6), também serviram para a identificação das espécies de mamíferos.

Não está descartada a possibilidade de alguns fragmentos de ossos encontrados nos jazigos, pertencerem a outras espécies de mamíferos de menor porte que a megafauna, nem a possibilidade de serem encontrados ossos de outros grupos, tais como: anfíbios, répteis e aves. Isto pode ser investigado com maior detalhe efetuando-se atividade de peneiramento.

5.2 Laboratório

5.2.1 Avaliação macroscópica dos ossos: Feições diagenéticas e bioestratinômicas

5.2.1.1. Feições diagenéticas

A observação macroscópica dos ossos revelou variedades de coloração em quatro



Foto 3 - Escavação no tanque fossilífero da Fazenda Ovo da Ema.



Foto 4 - Tíbia de *Eremotherium laurillardi* no interior do Tanque.



Foto 5 - Tanque escavado por moradores da fazenda Ovo da Ema, com uma grande quantidade de ossos da megafauna.



Foto 6 – Ossos fraturados e acumulados após a retirada do sedimento do interior de um Tanque por moradores da localidade.

padrões, que após analisados petrograficamente e através de Difractometria de Raios-X foram associados às diferentes fases diagenéticas do processo de fossilização: Branco – fosfatização/calcitização; preto – carbonização; creme – biomineralização preservada e amarelo – sulfetação (Tabela 1).

Para quantificar a intensidade dos processos, avaliou-se fragmentos ósseos (Tabela 2) e identificou-se neles as porcentagens de cada coloração (Tabela 1). A carbonização foi identificada como o principal processo de fossilização.

Tabela 1 - Processos de fossilização.

Cor (Processo)	Preta (Carbonização)	Branca (Fosfatização)	Amarela (Sulfetação)	Marrom (Biomineralização preservada)
Osso	34,0 %	29,6 %	9,3 %	27,1 %
Dente	47,05 %	52,95 %	0,0 %	0,0 %

5.2.1.2 – Feições bioestratinômicas

O grau de fragmentação foi quantificado a partir da avaliação do número de ossos nos diferentes estágios (Tabela 2): íntegro (com 90% do elemento ósseo inteiro); parcialmente íntegro (com 50 a 90% do elemento ósseo inteiro) e fragmentado (com menos de 50% do osso inteiro). A maioria dos ossos apresentou alto grau de fragmentação com menos de 50% do osso inteiro (Tabela 2). Este fato associado à grande concentração de seixos arredondados a sub-arredondados indica grande energia de transporte em sistema colúvio-aluvionar.

A observação de diferentes estágios ontogenéticos observados principalmente em dentes de *Haplomastodon* pode ser um indicativo de morte catastrófica. Isto pode estar relacionado às variações climáticas ocorridas no final do Pleistoceno, com bruscas modificações de estações chuvosas e secas.

Tabela 2 - Grau de fragmentação.

Material	Íntegro (100% do osso)	Parcialmente íntegro (50-90% do osso)	Fragmentado (< 50% do osso)	Total
N ^o de Ossos	20	60	569	649
%	3,1	9,3	87,6	100

5.2.2 Análise petrográfica

O exame petrográfico (Tabela 3), nos ossos dos mamíferos revelou um bom grau de preservação das microestruturas que compõem o tecido ósseo como: as lamelas paralelas formadas pelo periósteo e fibras de Sharpey, sistema de Havers, canais de Havers e os canais de Volkmann (Foto 7). A composição mineralógica apresentou uma certa homogeneidade nos ossos, predominando principalmente fosfato. Ocorrem como acessórios sulfetos, óxido de ferro, e grãos de quartzo.

A observação de duas fases fosfáticas na Lâmina 3 indica a biomineralização preservada, na primeira fase e o processo de fosfatização, na segunda (Foto 8).

A presença de sulfetos (Lâminas 3, 7 e 9) registra as primeiras etapas tafonômicas (sulfetação) desencadeadas pela decomposição dos organismos, afetando inclusive os grãos sedimentares que envolveram seus restos por ocasião do soterramento em processo sub-aquoso redutor (Foto 9).

A matéria orgânica amorfa presente, principalmente na lâmina 7, pode representar carbono orgânico na etapa tafonômica de carbonização (Foto 10).

5.2.3 Difractometria de Raios-X

Visando identificar as fases mineralógicas nos distintos elementos ósseos analisou-se: Osso esponjoso (Am - 03); dente com esmalte de *Haplomastodon waringi* (Am - 04); osso compacto com duas fases diagenéticas (branco, Am - 07a e escuro, Am - 07b).

Nos três tipos ósseos a fluorapatita ($\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6 \text{F}_2$), aparece predominantemente. Hidroxilapatita ($\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6 (\text{OH})_2$), e carbonato-apatita ($\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6 \text{CO}_3$), estão presentes

Tabela 3 – Resultado das análises petrográficas mostrando as microestruturas ósseas preservadas e os indicativos tafonômicos (Diagênese do fóssil).

LÂMINA	TIPO DE OSO/DENTE	MICROESTRUTURA	MINERAIS ACESSÓRIOS	FEIÇÕES DIAGENÉTICAS
02	Osso esponjoso	Lamelas (fibras de Sharpey), sistema de Havers, canais de Havers sistema intersticial e canais de Volkmann	Grãos de quartzo (no interior dos canais de Havers e Volkmann)	Biomíneralização preservada e preenchimento dos espaços intertrabecular dos ossos por quartzo.
03	Osso esponjoso	Lamelas com bordas sulfetadas e pelo menos 2 fases fosfáticas	Grãos de quartzo (com borda corroída por ácidos orgânicos), e sulfetos	Biomíneralização preservada, eodiagênese iniciada por adipocere e fosfatização.
05	Dente (dentina) de <i>Eremotherium</i>	Tubos da dentina	Ausente	Biomíneralização preservada
07	Osso compacto	Canais de Havers e Volkmann, (matéria orgânica amorfa)	Sulfetos separando as microestruturas	Biomíneralização preservada, eodiagênese iniciada por adipocera
08	Dente (dentina) de <i>Eremotherium</i>	Tubos da dentina	Ausente	Biomíneralização preservada
09	Osso esponjoso	Ausente	Grãos de quartzo (com borda corroída por ácidos orgânicos), sulfetos	Biomíneralização preservada, eodiagênese iniciada por adipocera

em menor escala (Figuras 7a,b; 8a,b). Isto indica que a biomineralização foi preservada. No osso esponjoso e nos dentes identificou-se pirita, e calcita foi observada apenas no dente.

5.2.4 Análise elementar (CNHS)

As mesmas amostras processadas por Difractometria de Raios-X foram utilizadas para análise elementar (Tabela 4): osso esponjoso (Am - 03); dente com esmalte de *Haplomastodon waringi* (Am - 04); osso compacto com duas fases diagenéticas (branco, Am - 07a e escuro, Am - 07b).

O percentual mais alto de carbono indica exatamente a atuação da carbonização nas partes escuras dos ossos. As percentagens relativamente altas nos demais ossos podem ser atribuídas à preservação da biomineralização na forma de carbonato-apatita e/ou à preservação parcial de colágeno. A presença de alguns percentuais de nitrogênio nas amostras de ossos compactos (Am -07a e b) sugere a preservação de colágeno.

Tabela 4 – Resultado da análise elementar (CNHS) em ossos e dentes.

Número da Amostra (Tipo de osso/dente)	Nitrogênio (%)	Carbono (%)	Hidrogênio (%)	Enxofre (%)
Am-03 (Osso esponjoso)	0	0,81	1,06	0
Am-04 (Dente de <i>Haplomastodon</i>)	0	1,52	0,90	0
Am-07a (Osso compacto, branco)	0,14	2,53	0,88	0
Am-07b (Osso compacto, escuro)	0,19	3,14	1,01	0

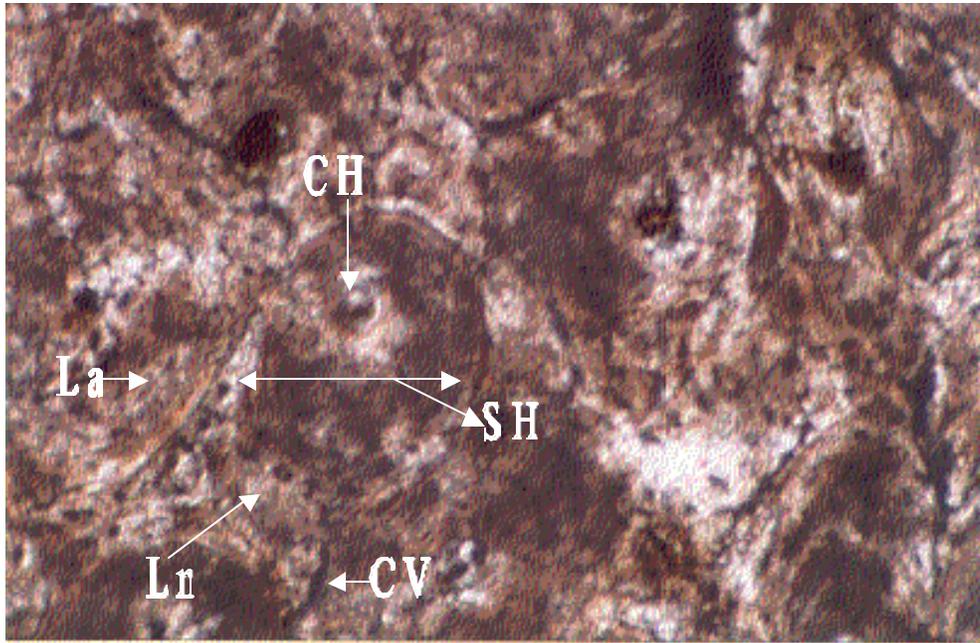


Foto 7 - Fotomicrografia de osso compacto mostrando o grau de preservação das microestruturas que compõem o tecido ósseo; La - lamelas; Ln - lacunas; SH - sistema de Havers; CH - canais de Havers; CV - canal de Volkmann (Lâmina 07, aumento 10X, luz transmitida).

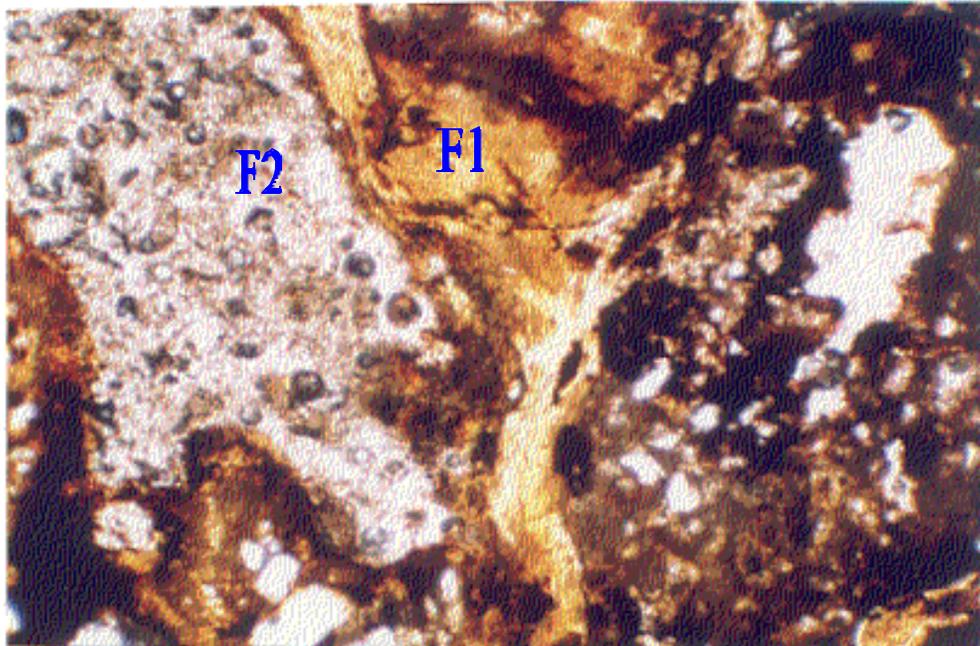


Foto 8 - Osso esponjoso com duas fases fosfáticas: F1- biomineralização preservada (primeira fase); F2- fosfatização (segunda fase); (Lâmina 03, aumento de 40x, luz transmitida).

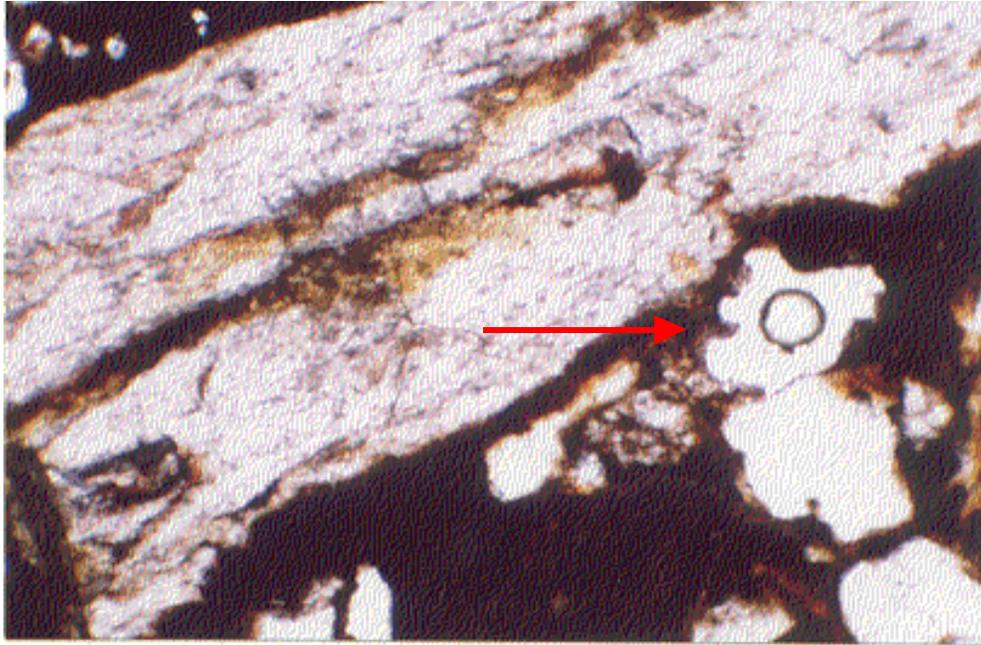


Foto 9 – Osso esponjoso com grão de quartzo (seta) corroído devido à ação de ácidos orgânicos em decorrência da decomposição (Lâmina 03, aumento de 40x, luz transmitida).

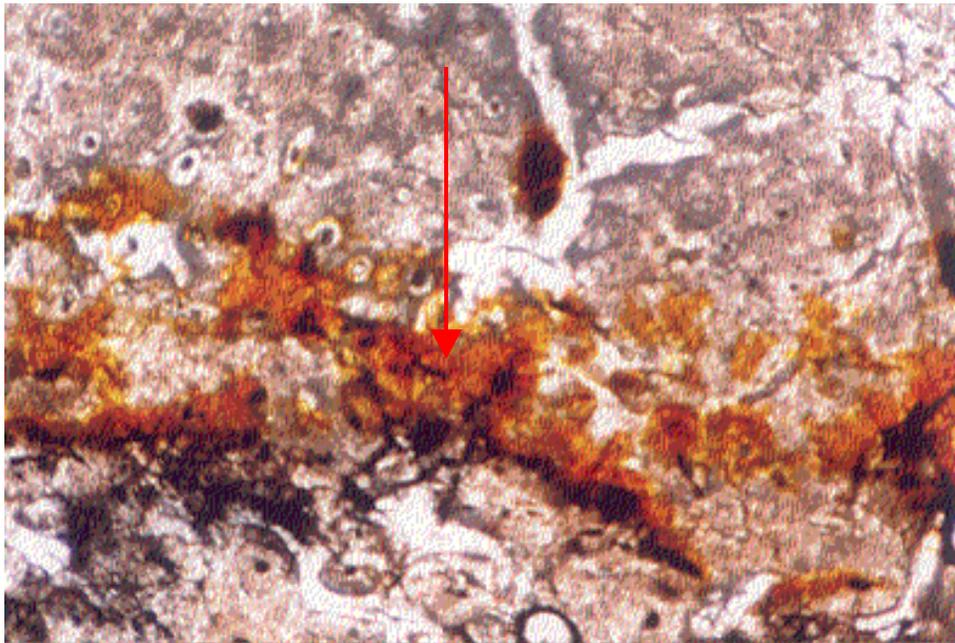


Foto 10 – Osso compacto com matéria orgânica amorfa (seta), podendo representar carbono orgânico na etapa tafonômica de carbonização (Lâmina 7, aumento de 100x, luz transmitida).

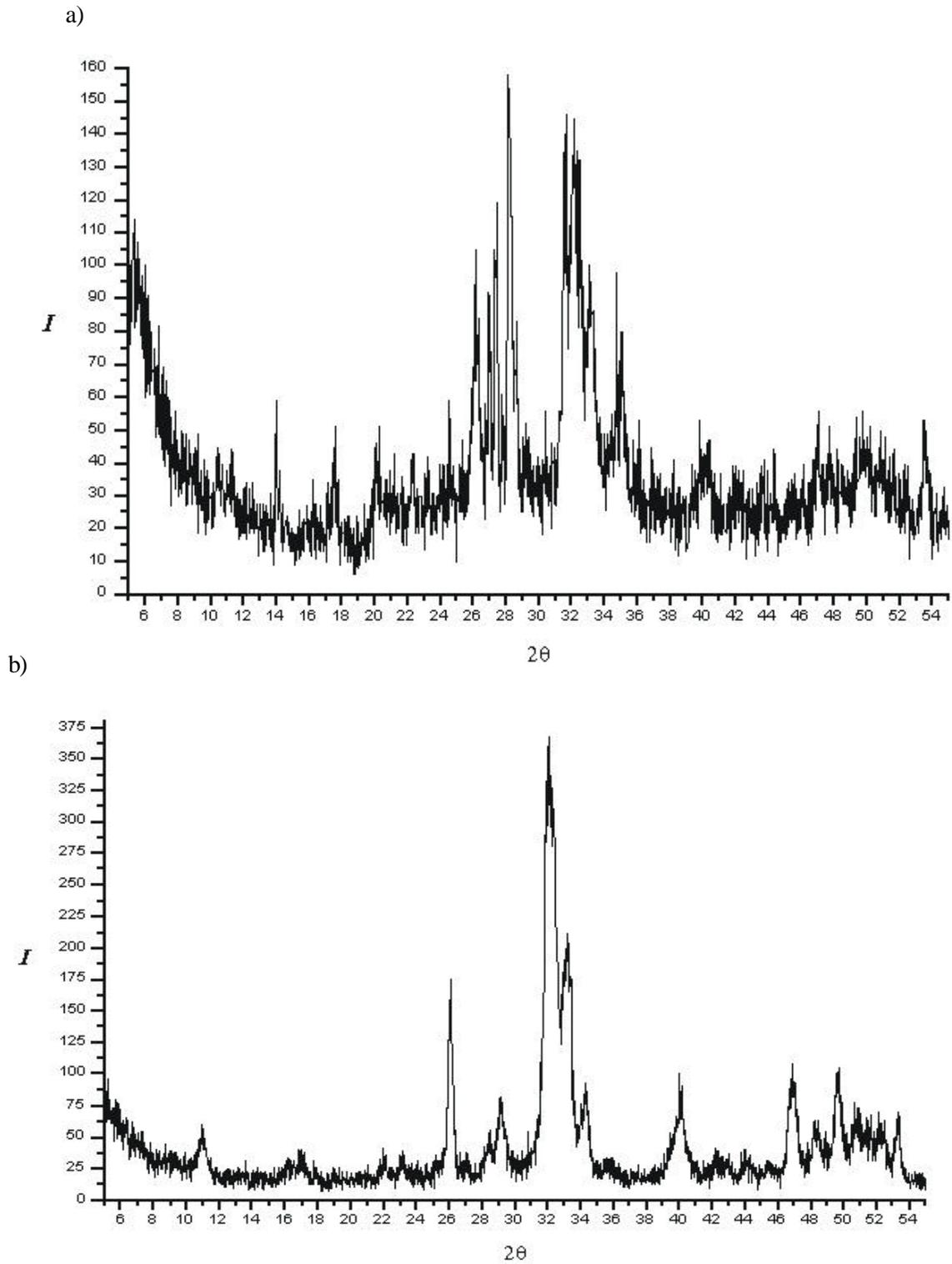


Figura 7 – Difratoformas por Raios – X mostrando picos de fluorapatita para: a) Am - 03 (osso esponjoso) e b) Am - 04 (dente de *Haplomastodon waringi*)

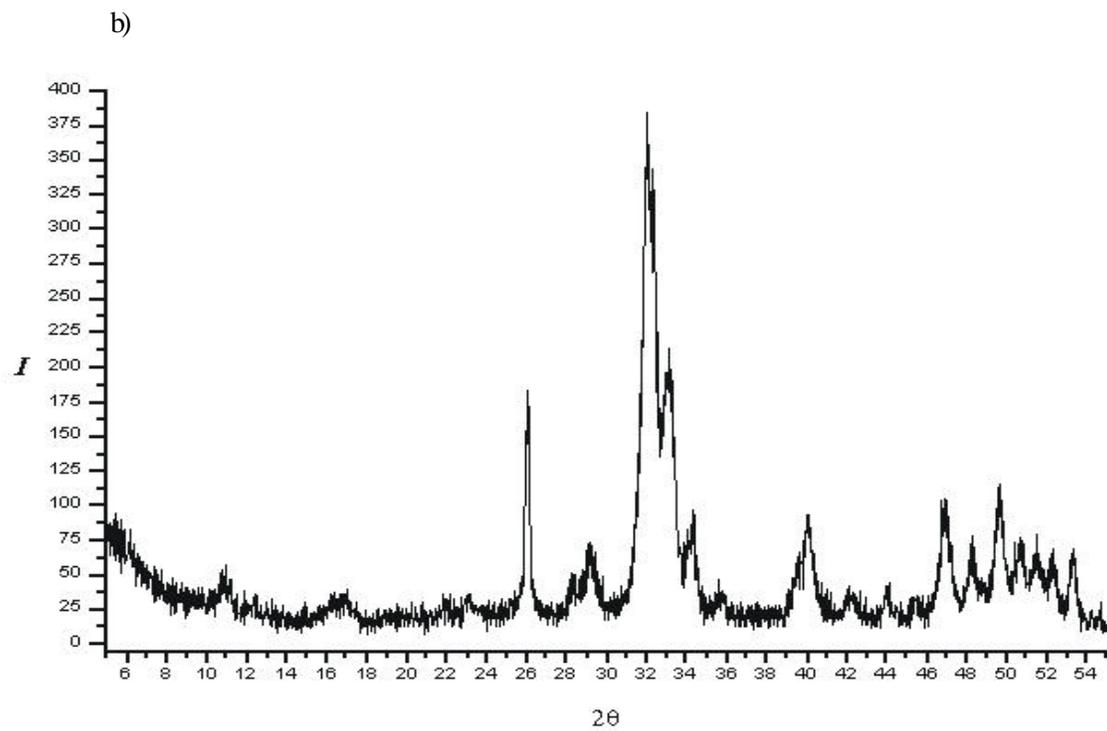
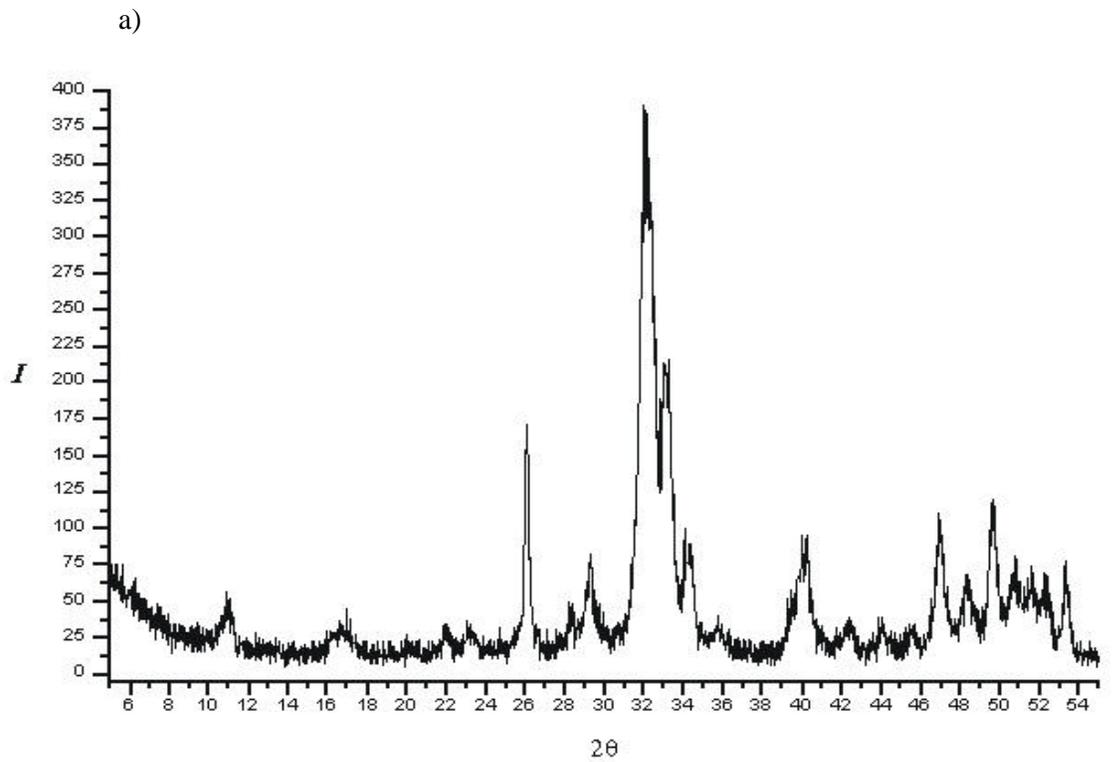


Figura 8 – Difractogramas por Raios - X mostrando picos de fluorapatita em: a) Am – 07a (osso comp., branco) e b) Am – 07b (osso comp., escuro)

5.25. Análise de isótopos de Carbono e Oxigênio.

Os resultados obtidos com as análises do $\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^{18}\text{O}$ (tabela 5), a partir do carbonato estrutural da carbonato-apatita em dentes de *Eremotherium laurillardii* (SM-1), *Haplomastodon waringi* (SM-3) e *Toxodon platensis* (SM-5) mostrou duas classes de distribuição, que podem ser interpretadas como decorrentes de diferentes hábitos alimentares (figura 9): 1. alimentação tipicamente a partir de plantas C_4 ; 2. alimentação mista com predominância de plantas C_4 e também provavelmente C_3 . Isto permitiu a separação das espécies analisadas em dois grupos distintos, onde *Eremotherium laurillardii* e *Haplomastodon waringi* pertencem ao primeiro grupo e *Toxodon platensis* ao outro (Figura 9).

De uma maneira geral, os dados isotópicos com $\delta^{13}\text{C}$ variando de $-4,1$ a $0,3\text{‰}$ são valores muito próximos dos indicados para dieta à base de plantas C_4 , durante o período Pleistoceno.

Os dados obtidos para $\delta^{18}\text{O}$, variando de $30,3$ a $34,3 \text{‰}$ indicam que os processos diagenéticos interferiram na assinatura isotópica, pois são valores muito altos e com uma variação também relativamente alta entre eles (4‰). Tais variações podem implicar em mudanças diagenéticas muito drásticas impostas a uma fauna contemporânea, vivendo no mesmo ecossistema.

Wang & Cerling (1994) notificaram que os valores de $\delta^{18}\text{O}$ do carbonato estrutural na apatita biogênica são muito mais vulneráveis à diagênese que os valores de $\delta^{13}\text{C}$ e que eles não são registros confiáveis da assinatura original de $\delta^{18}\text{O}$ em muitos sistemas diagenéticos (exceto em sistemas diagenéticos com baixa temperatura e a razão água/biomineral muito baixa).

Tabela 5 - Análise de $\delta^{18}\text{O}$ e $\delta^{13}\text{C}$ em dentes.

Nº da amostra	Espécie	$\delta^{18}\text{O}$	$\delta^{18}\text{O}$	Média $\delta^{18}\text{O}$	$\delta^{13}\text{C}$	$\delta^{13}\text{C}$	Média $\delta^{13}\text{C}$
SM-1	<i>Eremotherium laurillardii</i>	33,5	33,5	33,5	0,2	0,3	0,3
SM-3	<i>Haplomastodon waringi</i>	34,0	34,3	34,2	-0,1	0,0	0,0
SM-5	<i>Toxodon platensis</i>	30,5	30,2	30,3	-4,0	-4,1	-4,1

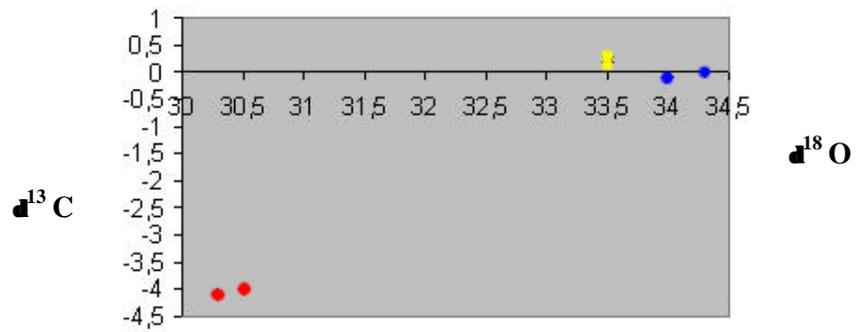


Figura 9 – Razão isotópica de C e O nas amostras dos dentes de *Eremotherium laurillardi* (amarelo), *Haplomastodon waringi* (azul) e *Toxodon platensis* (vermelho).

6 PALEOMASTOFAUNA DE MARAVILHA

São três as espécies de mamíferos das escavações, cuja taxonomia se baseia em Paula-Couto (1979) Cartelle (1994; 2000) e Bergqvist *et al.* (2000).

6.1. Xenarthra

6.1.1. Taxonomia

Classe Mammalia Linnaeus, 1758

Infraclasse Eutheria Gill, 1872

Coorte Edentata Cuvier, 1798

Ordem Xenarthra Cope, 1889

Subordem Pilosa Flower, 1883

Superfamília Megatherioidea Gray, 1821

Família Megatheriidae Owen, 1843

Subfamília Megatheriinae Gill, 1872

Gênero *Eremotherium* Spillmann, 1948

Espécie *Eremotherium laurillardii* Lund, 1842

Espécie-tipo: *Eremotherium rusconii* Schaub, 1950

Distribuição: região intertropical americana, Pleistoceno (Paula-Couto, 1954)

6.1.2. Descrição

Espécime 001 (Maravilha, Al)

Segundo a diagnose descrita em Cartelle (1994, 2000) e Paula-Couto (1979), os ossos podem ser atribuídos a *Eremotherium laurillardi*.

O material, melhor preservado trata-se da parte superior de um crânio (Foto 11) com os molares do lado esquerdo (exceto o primeiro), e o segundo molar do lado direito. Um fêmur (Foto 12) parcialmente talvez, provavelmente do mesmo indivíduo foi achado junto com o crânio. Pelas dimensões do crânio e do fêmur, o espécime é de indivíduo juvenil.



Foto 11 – Espécime 001, *Eremotherium laurillardi*; fragmento craniano com 4 molares do lado esquerdo e 1 do lado direito, em vista palatal. (escala: 15 cm)

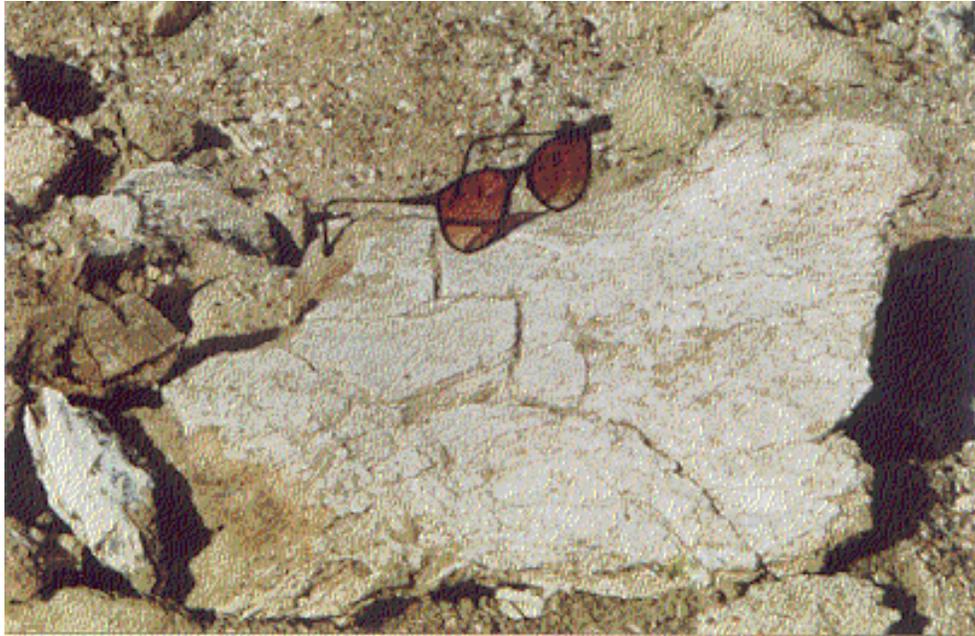


Foto 12 – Especime 001, *Eremotherium laurillardi*, fragmento da diáfise femoral, lado direito.

E. laurillardi, é a preguiça gigante mais abundante no Brasil e toda a América do Sul intertropical (Peru, Equador, Colômbia e Venezuela), estendendo-se o gênero até a América Central (El Salvador) e a América do Norte (México e Estados Unidos). No Brasil foi encontrada anteriormente em quase todos os estados, à exceção dos estados do Amazonas, Amapá, Roraima, Pará, Alagoas, Tocantins e Santa Catarina (Cartelle, 2000). Portanto este é o primeiro registro de *E. laurillardi* para o Estado de Alagoas.

Estas preguiças chegavam a pesar cerca de cinco toneladas e mediam até 6 metros da ponta do rostro até a cauda. Sobre os quatros membros alcançava quase 2 metros de altura, mas quando “bípedes” atingia 4 metros. As mãos podiam atingir 1,5 m de comprimento (Cartelle, 2000), e os longos braços faziam com que fossem mais elevadas anteriormente do que posteriormente na posição quadrúpede.

Elas viviam nas planícies das savanas arbóreas, pois seu grande volume dificultaria o deslocamento em matas, comendo touceiras de capim (gramívoras), e folhas (folívoras) dos galhos de árvores retiradas com a língua. Segundo Cartelle (1994), umas poucas espécies de preguiça teriam desenvolvido o hábito de cortar folhas, brotos e pequenos ramos.

Cartelle (1994) sugere que esta preguiça gigante, pelo seu porte e distribuição em todo o país, seja considerada como o animal símbolo da fauna pleistocênica brasileira.

6.2. Notoungulata

6.2.1. Taxonomia

Coorte Epitheria

Superordem Ungulata

Ordem Notoungulata Roth, 1903

Subordem Toxodonta Scott, 1904

Família Toxodontidae Gervais, 1874

Subfamília Toxodontinae Trouessart, 1898

Gênero *Toxodon* Owen, 1840

Espécie *Toxodon platensis* Owen, 1840

Espécie-tipo; *Toxodon platensis* Owen, 1840

Distribuição: Argentina, Uruguai, Paraguai, Bolívia e Brasil, Pleistoceno (Paula-Couto, 1979).

6.2.2. Descrição

Espécime 002 (Maravilha, AL)

O material trata-se de um fragmento do dentário direito, com P₂ – M₁ incompletos (Foto 13). O fragmento foi obtido no tanque escavado pelos moradores da propriedade, e encontrava-se jogado como entulho junto a uma quantidade extraordinária de ossos pertencentes a outros mamíferos.

Pelas características do fragmento coletado em Maravilha e pela descrição feita em Cartelle (1994) e Paula-Couto (1979), o material provavelmente pertence a *Toxodon platensis*.

T. platensis tinha um largo rostró que recobria os avantajados dentes incisivos. Os inferiores eram muito achatados, largos e acentuadamente projetados anteriormente. Nos dentes, com o crescimento, formavam-se faixas sem esmalte que iam da coroa à base do dente e se tornavam mais largas à medida que o dente crescia. O desgaste

provocado pela mastigação de gramíneas era compensado, nos adultos, pelo crescimento contínuo dos dentes (Cartelle, 1994).

Os *Toxodon* podiam atingir o tamanho de um grande rinoceronte ou de um hipopótamo. Seu crânio chegava a medir de 60 a 70 cm de comprimento. Tinham um pescoço curto e forte, o tronco volumoso uma conspícua corcova dorsal, e uma cauda curta. Possuíam ainda membros locomotores relativamente curtos e maciços, em forma de colunas semelhantes aos dos hipopótamos e elefantes, os anteriores mais curtos que os posteriores, de onde um possível hábito “anfíbio” (Paula-Couto, 1979).

6.3. Proboscídea

6.3.1 Taxonomia

Ordem Proboscidea Illiger, 1811

Subordem Elephantoidea Osborn, 1921

Família Gomphotheriidae Cabrera, 1929

Subfamília Anancinae Hay, 1922

Gênero *Haplomastodon* Hoffstetter, 1950

Espécie *Haplomastodon waring* Holland, 1920

Espécie-tipo: *Haplomastodon waringi* Holland, 1920

6.3.2. Descrição

Espécime 003 (Maravilha, AL)

Ossos e dentes de mastodontes (Foto 14), foram coletados em maior quantidade que os de quaisquer outros mamíferos nas escavações em Maravilha, sendo também os que estavam num melhor estado de preservação. Obtivemos dois atlas completos, duas vértebras completas e duas fragmentadas, três molares quase inteiros, vários fragmentos de costelas e uma ulna completa, além de vários fragmentos de ossos que provavelmente pertençam a estes animais (Foto 15).



Foto 13 – Especime 002, *Toxodon platensis*. Fragmento do dentário direito, com P₂ – M₁ (escala: 10 cm).

O fragmento do dentário apresenta um tamanho de 20 cm, com M₁ ainda preso a ele. O molar está quebrado apenas num pequeno ponto de sua extremidade, estando as cúspides com pouco desgaste.

Segundo Paula-Couto (1979), os mastodontes brasileiros principalmente os que ocorreram no Nordeste, pertencem ao gênero *Haplomastodon*. As características morfoestruturais dos molares (tipo trilofodonte com trevo simples) e dos demais ossos permite, atribuí-los a *Haplomastodon waringi*. É a maioria dos fósseis encontrados nos depósitos de tanques do sertão de Alagoas, proboscídeos.

H. waringi habitou a maior parte da América do Sul tropical, exceto a região andina ao sul do Equador, ocorrendo no Brasil a região Sul. Hoffstetter (1950; *apud* Paula-Couto, 1979), diz que *Haplomastodon* é talvez o único mastodonte a atingir o último período interglacial, na América meridional, tendo vivido desde o sul de Riobamba até o norte de Quito no Equador.



Foto 14 – Espécime 003, *Haplomastodon waringi*; fragmento do dentário direito com M₁ (escala: 15 cm).



Foto 15 – Espécime 003, *Haplomastodon waringi*; ulna direito e atlas (escala: 15 cm).

Eles tinham o porte dos elefantes atuais, mas com presas, às vezes enormes, de até um metro e meio, pouco recurvadas. Os dentes tinham a coroa formada por volumosos tubérculos recobertos de espessa camada de esmalte. A substituição nos dentes ocorria como nos elefantes atuais. Eram funcionais dois dentes superiores e inferiores de cada lado. Quando ficava muito desgastado, o primeiro molar caía e o segundo começava a ser utilizado, atrás deste sofrendo erupção o terceiro molar. Os dois dentes deslocavam-se anteriormente.

Estes animais viviam em bandos numerosos e habitaram as regiões com savana arbórea, próximas, as bacias hidrográficas que cortavam o nosso território, alimentando-se de capim, folhas, brotos de arbustos e árvores, através da probóscide.

7 TAFONOMIA

Os processos de fossilização em ambientes de tanques na região Nordeste parecem ter tido um mesmo padrão, principalmente comparando investigações feitas em vários tanques em Pernambuco, Paraíba, Alagoas e Ceará.

Os ossos dispõem-se de forma desorganizada ocupando o fundo dos tanques, muitas vezes em contato direto com as rochas do embasamento. Esse contato chega a produzir transformações químicas nessas rochas, principalmente em feldspatos e micas, causando sua degradação a partir do ataque dos ácidos orgânicos em decorrência dos processos de decomposição dos restos orgânicos em ambiente sub-aquático e redutor. A aparência no ato da coleta é de que os ossos estejam no interior das rochas do embasamento, tão grande é a atuação dessas transformações. É também evidente a continuidade das reações por ação das águas intersticiais (intemperismo), após cessada a decomposição.

A preservação parcial da composição química original (apatita biogênica) e da microestrutura do tecido ósseo, além da frequência com que ocorrem essas acumulações de ossos em tanques na região Nordeste evidenciam o caráter tafonômico especial destes jazigos. Por isso, propõe-se informalmente uma tafofácies específica para essas ocorrências: “tafofácies de tanques”.

Nos depósitos pode-se observar a ocorrência de diferentes estágios ontogenéticos nos ossos e dentes de *Haplomastodon waringi* estes últimos com o esmalte sem desgaste, sugerindo que o animal morreu na fase juvenil. Também observou-se, no tanque estudado bem como no escavado pelos moradores da localidade, uma grande

ocorrência de ossos principalmente gonfoterídeos em tamanhos variados, o que pode sugerir mortandade em massa.

Após investigação dos dados paleontológicos, sedimentológicos, estratigráficos e geoquímicos, pode-se caracterizar a “tafofácies de tanques” de acordo com as suas feições preservacionais nas duas etapas tafonômicas: bioestratigrafia e diagênese dos fósseis (Figuras 10 e 11).

Dessa forma, estabeleceu-se um modelo tafonômico para os depósitos pleistocênicos de tanques, baseado nos mamíferos (Tabela 6).

7.1 Bioestratinomia

Após a morte, os cadáveres devem ter sido transportados em estágio avançado de decomposição, sob regime de enxurradas e associados a clastos grossos foram depositados caoticamente nos tanques. A alta energia do transporte teria promovido a desarticulação total dos esqueletos, seguida de alta taxa de fragmentação dos ossos (tabela 3). Descarta-se a hipótese de transporte a grandes distancias e/ou vários episódios de enxurradas devido à preservação de traços de colágeno nos ossos, evidenciada pela análise elementar de Nitrogênio, Carbono orgânico e Hidrogênio (Tabela 4). Além disso, estratigraficamente identificou-se apenas uma fácies de enxurrada, indicando contemporaneidade na acumulação. A Figura 11 mostra um desenho esquemático das sucessivas fases bioestratinômicas.

7.2 Diagênese dos fósseis:

Ainda os processos de decomposição em ambiente sub-aquático e redutor desencadearam uma eodiagênese, ou seja, transformações químicas iniciadas por adipocera. Esse processo precoce permitiu a preservação parcial das microestruturas ósseas e da biomineralização.

Cinco fases diagenéticas foram identificadas através das análises petrográficas e químicas (Figura 11):

1. Sulfetação: a decomposição promove variações nas condições físico-químicas do microambiente nas proximidades dos ossos tornando-o redutor e induzindo a precipitação de sulfetos. Essas transformações

ocorrem tanto nas superfícies dos ossos, produzindo aspecto amarelado ou preto, macroscopicamente observado, quanto nos limites microestruturais das lacunas.

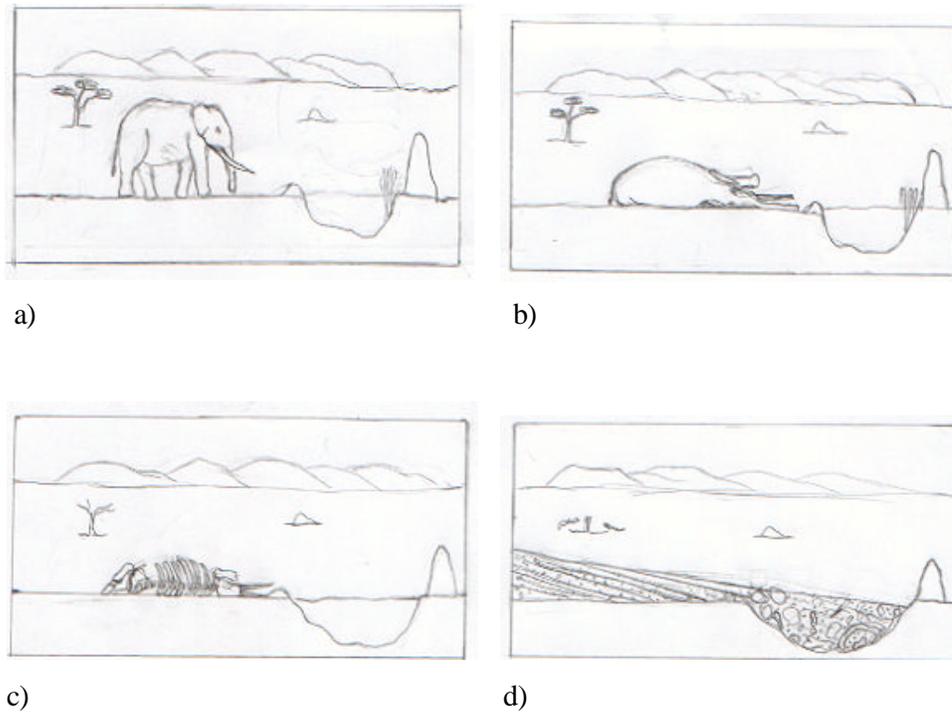


Figura 10 – Fases bioestratinômicas: a) mudanças climáticas no ambiente; b) morte por fome, sede, doenças ou outras catástrofe; c) início da decomposição; d) transporte dos ossos para o interior dos tanques por enxurrada através de fluxo de detritos.

2. Carbonização: provavelmente desenvolvida a partir do carbono da matéria orgânica em fase de decomposição. Este foi o processo de fossilização predominante nos ossos macroscopicamente identificados, evidente na coloração preta dos ossos, também refletindo as condições redutoras do ambiente. Em muitos casos é possível observar no mesmo elemento ósseo a interrupção deste processo, seguido das fases seguintes fosfatização/calcificação. Isto pode indicar uma elevação da coluna d'água, aumentando a precipitação de sais dissolvidos.

3. Compactação: foi uma fase pouco importante, provavelmente subsequente à carbonização, onde observou-se micro e macroscopicamente achatamento em uns poucos ossos.
4. Fosfatização: corresponde à fase de precipitação de sais que foram dissolvidos, provavelmente oriundos dos próprios ossos, produzindo apatita amorfa. É observado macroscopicamente na aparência esbranquiçada, principalmente sobre a região compacta dos ossos (cortical).
5. Calcificação: é o processo menos importante, e foi identificado somente por Difratometria de Raios -X, pela presença de calcita.

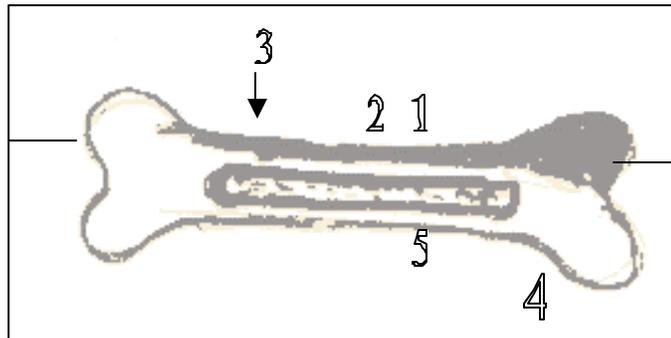


Figura 11 – Fases diagenéticas: 1, sulfetação; 2, carbonização em ambiente redutor; 3, compactação; 4, fosfatização; e 5, calcificação.

7.3 Modelo tafonômico: “Tafofácies de tanques”

A descrição da “tafofácies de tanques” é uma proposta para um modelo tafonômico informal, baseado nas feições da preservação, observadas em ossos de mamíferos que ocorrem nos depósitos de tanques de idade pleistocênica, em toda região

Nordeste do Brasil. A Tabela 6 mostra as características que definem a tafofácies de tanques.

Tabela 6 – Modelo tafonômico para a “Tafofácies de Tanques” com base nos mamíferos.

(Fósseis associados, baseado em dados de Galindo *et al.*, 1984; Muniz & Lima, 1985).

Feições preservacionais	<ul style="list-style-type: none"> - Ausência de ossos articulados. - A maioria dos elementos, sendo fragmentos de ossos. - Preservação 3D (pouca ou nenhuma compactação). - Biomineralização preservada. - Microestrutura óssea preservada.
Ambiente deposicional continental	<ul style="list-style-type: none"> - Depósitos colúvio-aluvionares, lagos, rios e áreas planas. - Fluxo laminar de chuvas torrenciais. - Depósito fluvial
Fósseis associados	<ul style="list-style-type: none"> - Mamíferos: (proboscídeos, toxodontes, preguiças gigantes, tatus, tigre dente-de-sabre, camelídeos, cavalos e cervídeos). - Pequenos mamíferos ? - Outros vertebrados: Crocodilo, anfíbio e ave.
Sedimento associado	<ul style="list-style-type: none"> - Conglomerado e areias conglomeráticas.
Idade	<ul style="list-style-type: none"> - Final do Pleistoceno (?) - Quaternário (?)

8. INTERPRETAÇÃO PALEOAMBIENTAL

No fim do Pleistoceno, na área estudada, a vegetação arbustiva/arbórea era escassa, o que pode ser evidenciado pelos dados obtidos através da análise do $\delta^{13}\text{C}$ nos dentes dos proboscídeos e das preguiças gigantes, nos quais foram obtidos valores muito mais positivos (plantas C_4), sugerindo que estes animais alimentavam-se de gramíneas. Ranzi (2000) afirma que os proboscídeos possuíam um aparelho mastigatório indicativo de que poderiam alimentar-se de uma variada gama de associações vegetais desde o de florestas até o de ambientes abertos do tipo savana. No entanto, Owen-Smith (1988 *Apud* Ranzi, 2000) assinala que os mamutes e mastodontes, os quais pela sua dentição estavam adaptados a uma dieta de gramíneas, com alta probabilidade assemelhavam-se aos atuais rinocerontes pastadores, o que foi corroborado pelos resultados obtidos nas análises dos dentes destes megamamíferos da área estudada.

Os toxodontes, mamíferos com dentes curvos de crescimento contínuo adaptados para alimentação abrasiva comum em campos e cerrados, devem ter evoluído para ocupar um nicho ecológico semelhante ao dos atuais rinocerontes e hipopótamos das savanas africanas (Simpson, 1980 *apud* Ranzi, 2000). Apesar da literatura incluir os toxodontes na classe dos comedores de gramíneas, na área em estudo os valores do $\delta^{13}\text{C}$ muito negativo, indicam uma alimentação baseada em plantas do tipo C_3 (arbustiva/arbórea). Este fato pode ser justificado pela competição ecológica entre os toxodontes e os *Haplomastodon waringi*, levando-os a se manterem o mais próximos da água, e a comerem plantas chamadas de macrófitas aquáticas (plantas C_3).

A grande quantidade de ossos muito fragmentados, nos tanques indica que os animais pereceram na planície, de fome, sede e seus restos foram transportados por enxurradas junto com sedimentos dos leques aluviais para o interior dos tanques.

O paleoambiente na área estudada (fim do Pleistoceno ?) apresentava um clima quente ligeiramente úmido já tendendo para o atual quente e seco. A vegetação era do tipo savana arbórea, com grandes planícies com gramíneas, algumas árvores e arbustos dispersos. Já havia uma escassez de água, estando esta concentrada nas depressões do embasamento cristalino. Grandes manadas de *Haplomastodon waringi* e grupos de *Eremotherium laurillardi* pastavam na planície, enquanto os *Toxodon platensis* ficavam próximos aos tanques ou no interior destes alimentando-se de macrófitas aquáticas (Figura 12).

O ambiente hoje pode não ser muito diferente daquele do fim do Pleistoceno. No entanto, pode-se notar três grandes diferenças: a água (que sustentava a vida) as árvores nas margens dos rios e tanques, e a ausência é a das enormes manadas destes formidáveis animais que enchem de vida estas paisagens quando deslocavam-se, pela grande planície (Foto 16).

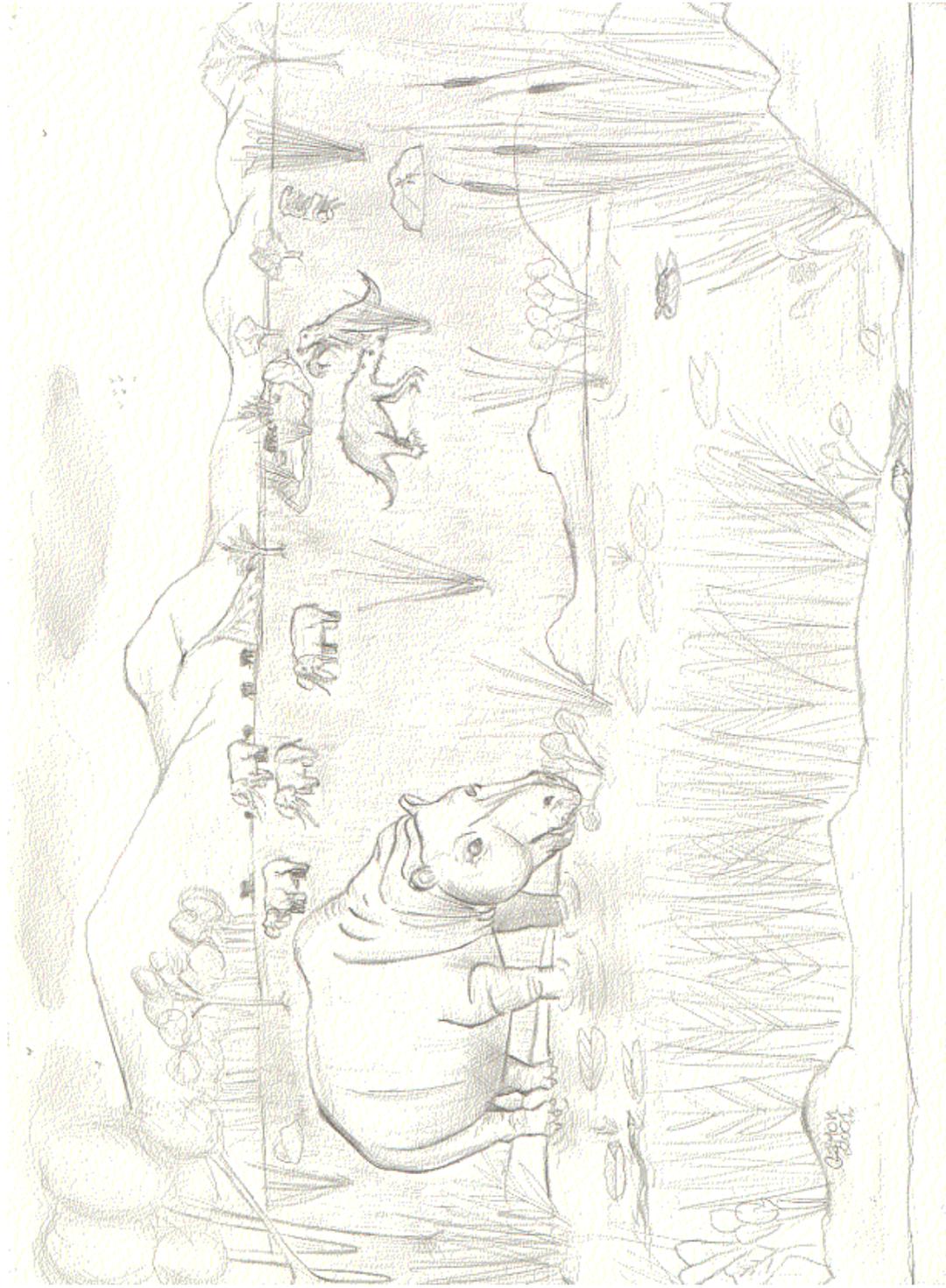


Figura 12- Reconstrução paleoambiental da área em estudo no final do Pleistoceno (desenho de Clayton Rodrigues e Jorge Luiz, 2001).



Foto 16 – Vista da planície onde está localizada a Fazenda Ovo da Ema, vendo-se ao fundo a Serra da Caiçara.

9. CONCLUSÕES

Esta pesquisa levou em consideração todas as limitações impostas pelo registro fóssilífero e por isso, não pretende estabelecer nem conclusões, nem modelos definitivos. Na tentativa de contribuir para o conhecimento sobre os tanques do Nordeste do Brasil, apresenta-se as seguintes conclusões:

1. Na área estudada, foram encontradas três espécies de megamamíferos: *Haplomastodon waringi*, *Eremotherium laurillardi* e *Toxodon platensis*.
2. A associação faunística e os dados isotópicos sugerem que a idade do material seja Pleistoceno tardio.
3. Propõe-se um modelo novo tafonômico, com base nos fósseis, principalmente megamamíferos, informalmente designado de “tafofâcies de tanques”.
4. As principais fases bioestratinômicas foram: morte catastrófica, decomposição, desarticulação, alto grau de fragmentação dos ossos (alta energia de transporte, sob regime de enxuradas), soterramento imediato.
5. A eodiagênese, iniciada por adipocera desencadeou cinco fases de transformação nos ossos: 1-sulfetação; 2-carbonização; 3-compactação; 4-fosfatização e 5-calcificação.
6. Os estudos com isótopos estáveis sugerem que *Haplomastodon waringi* e *Eremotherium laurillardi* alimentavam-se principalmente

de gramíneas, enquanto os *Toxodon platensis* alimentava-se da vegetação aquática também de macrófitas aquáticas, já que poderiam estar competindo com os elefantes e as preguiças por uma vegetação de gramíneas cada vez mais escassa.

7. A quantidade de ossos encontrados sugere a presença de grandes manadas destes animais no “vale de Maravilha”.
8. Apesar do Estado de Alagoas até então não ser referência para a paleontologia nacional, as descobertas dos jazigos fossilíferos na área do Município de Maravilha e em outras dezenas de municípios alagoanos, nos mostra a necessidade urgente de que novos estudos sejam realizados no Estado antes que este patrimônio paleontológico seja destruído.
9. Sugere-se após este estudo a criação de um Parque paleontológico na região estudada para preservar este patrimônio cultural, científico e sócio-econômico (turismo) e também como fonte de sobrevivência para a população local dando-lhes meio de sobrevivência em equilíbrio com este patrimônio que eles tem no seu subsolo.
10. Possivelmente o fim do Pleistoceno, na área estudada, já apresentava condições climáticas semelhantes às atuais.

10. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alberdi, M. T. & Prado, J.L., 1995a. Los mastodontes de América del Sur. In: Alberdi, M.T.; Leone, G. & Tonni, E.P. (eds), *Evolución Biológica y Climática de la Región Pampeana Durante los Ultimos Cinco Millones de Años – un ensayo de correlación con el Mediterráneo Occidental*. Museo Nacional de Ciencias Naturales. Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Madrid, p 277-292.

1995b. Los équidos de América del Sur. In: Alberdi, M.T.; Leone, G. & Ton, E.P. (eds), *Evolución Biológica y Blimática de la Región Pampeana Durante los Ultimos Cinco Millones de Años – un ensayo de correlación con el Mediterráneo Occidental*. Museu Nacional de Ciencias Naturales. Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Madrid, p 293-308.

Alvin, G. F. 1939. Jazigos brasileiros de mamíferos fósseis. *Nots. Prels. Ests. Div. Geol. Min. DNPM*, Rio de Janeiro, 18: 8 – 16.

Amabis, J. M. & Martho, G. R., 1999. *Biologia dos Organismos: Classificação, Estrutura e Função nos Seres Vivos*. Ed. Moderna, São Paulo, vol. 2, 713p.

Assis, J.S. de, 2000. *Biogeografia e Conservação da Biodiversidade – Projeções para Alagoas*. Edições Catavento, Maceió, 200p.

Baines, J., 1993. *Chuva Ácida*. Coleção Preserve o mundo, Scipione, São Paulo, 46p.

- Behrensmeyer, A. K. & Kidwell, 1985. Taphonomy's contributions to paleobiology. *Paleobiology*, 11 (1): 105 – 119.
- Bergqvist, L. P., 1989. Mamíferos plesitocênicos do Estado da Paraíba, Brasil, depositados no Museu Nacional, Rio de Janeiro. UFRJ, Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas), Rio de Janeiro, 176p.
- Abuhid, V. S. & Giudice, G.M.L. del, 2001. Mamíferos. In: Carvalho, I. de S. (ed), *Paleontologia*. Interciência, Rio de Janeiro, p 595-623.
- Bigarella, J. J.; Becker, R. D. & Santos, G. F. dos, 1994. *Estrutura e Origem das Paisagens Tropicais e Subtropicais*. Vol. I – Fundamentos Geológico-geográficos, Alteração Química e Física das Rochas. Relevo Castiço e Dômico. UFSC, Florianópolis, Santa Catarina, 425p.
- Bond, M.; Cerdeño, E. & López, G., 1995. Los ungulados nativos de América del Sur. In: Alberdi, M. T.; Leone, G. & Tonni, E. P. (eds), *Evolución Biológica y Climática de la Región Pampeana Durante los Ultimos Cinco Millones de Años – un ensayo de correlación con el Mediterráneo Occidental*. Museo Nacional de Ciencias Naturales. Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Madrid, cap. 12: 259-275.
- Branner, J. C. 1915. On the occurrence of Fossil Remains of Mammals in the interior of the States of Pernambuco and Alagoas. Brasil. Geologia elementar. Connecticut. Am. Jour. Sci. (4 th.s), Connecticut.
- Brandão, A. de B.L., 1937. *A Escrita Pré-histórica do Brasil (ensaio de interpretação)*. Civilização, Rio de Janeiro, 269p.
- Brito-Neves, B. B. 1975. Regionalização Geotectônica do Pré-Cambriano Nordestino. Instituto de Geologia – USP, Tese de Doutorado, São Paulo, 198p.

- Bryant, J. D.; Luz, B. & Froelich P. N., 1984. Oxygen isotopic composition of fossil horse tooth phosphate as a record of continental paleoclimate. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, Alberta, 107: 303 – 316.
- Burlamaqui, F. L. C. 1855. *Paleontologia – Notícia acerca dos animais de raças extintas descobertas em vários pontos do Brasil*. Blib. Guanabarensis, Sociedade Velosiana, Rio de Janeiro, 1 – 21.
- Cadée, G.C., 1991. History of Taphonomy. In: Donovan, S.K. (ed), *The Process of Fossilization*. University Press, New York, 303p.
- Cartelle, C., 2000. Preguiças Terrícolas, essas desconhecidas. *Ciência Hoje*, SBPC, Rio de Janeiro, vol. 27, 161: 18-25.
1994. *Tempo Passado – Mamíferos do Pleistoceno em Minas Gerais*. Palco, Belo Horizonte, Minas Gerais, 131p.
1992. Edentata e megamamíferos herbívoros extintos da Toca dos Ossos (Ourolândia, Ba, Brasil). Tese de doutoramento, Universidade Federal de Minas Gerais, 280p.
- Carvalho, J. N. C. de; Campos e Silva, A.; Oliveira, L. D. D. & Vasconcelos, M. D. T., 1966. Informação sobre a jazida fossilífera Pleistocênica do Lagedo da Ecada, Município de Mossoró, Rio Grande do Norte. *Arq. Inst. Antrop.* Natal V. 2n. 1-2.
- Clark, J., Beerbower, J. R. & Kietzke, K., 1967. Oligocene sedimentation, stratigraphy, paleoecology and paleoclimatology in the big Badlands of South Dakota. *Fieldiana, Geology Memoirs*, 5: 1–158.
- Cunha, F. L. de S., 1962. Explorações Paleontológicas no Pleistoceno do Rio Grande do Norte. Tese para obtenção da Cátedra de Geologia e Paleontologia da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras da Universidade do Estado da Guanabara, 46p.

1979. Um *Toxodon* do Pleistoceno da Bahia. *Anais. Acad. bras. Ciências*, Rio de Janeiro, 51 (4): 779.
- Fariña, R. 1997. Fauna del Uruguay en el pasado. (Site da Internet <http://www.rau.edu.uy/urugauy/megafauna.htm>, 9p).
- Faure, M.; Guérin, C. & Parenti, F., 1999. Découverte d'une mégafaune holocène à la Toca do Serrote do Artur (aire archéologique de São Raimundo Nonato, Piauí, Brésil). *Acad. Sci. Paris, Sciences de la terre et planètes*, Paris 329: 443 – 448.
- Fearnside, P. M., 1990. Rondônia: estradas que levam a devastação. *Revista Ciência Hoje*, SBPC, vol. 11, 61: 45 – 52.
- Flessa, K.W.; Kowalewski, M. & Walker, S.E., 1992. Post-collection taphonomy: shell destruction and the Chevrolet. *Palaios*, 7: 553-554.
- Formoso, M. L. L., 1984. Difractometria de raios X. In: Gomes, C. B. (Coord.), *Técnicas analíticas instrumentais aplicadas à geologia*. Blücher: PROMINÉRIO, São Paulo, 218p.
- Galindo, V.; Viana, M. S. S. & Agostinho, S., 1984. Projeto Arqueológico/Paleontológico lagoa das caraíbas, Salgueiro, PE. Anais da VII Reunião Científica da Sociedade de Arqueologia Brasileira. *Rev. de Arq.* vol. 8, 1: 117–131.
- Gall, J. C., 1976. *Environnements Sedimentaires Anciens et Millieux de Vie: Introduction à la Paléoécologie*. Doin, Paris, 230p.
- Guérin, C. & Faure, M., 1999. *Palaeolama (Hemiauchenia) niedae* Nov. sp., nouveau Camelidae du Nordeste Brésilien et sa place parmi les lamini d'Amérique du Sud. *Geobios*, Paris, 32, 4: 629 – 659.

- Haaf, G., 1979. *A Origem da Humanidade: a maravilhosa história da criação do homem*. Abril, São Paulo, 238p.
- Hall, D. O. & Rao, K.K., 1980. *Fotossíntese*. Coleção Temas de Biologia. Universidade de São Paulo, São Paulo, 89p.
- Hoefs, J. 1987. *Stable Isotope Geochemistry*. 3th ed., Spring Verlag, Berlin, 241p.
- Holland, W. J. 1920. Fossil mammals collected at Pedra Vermelha, Bahia, Brasil. *Ann. Cornegie Mus.*, 13: 224 – 232.
- Karmann, I.; Baffa, O.; Brunetti, A. & Dias-Neto, C. M., 1999. Datação ESR de *Toxodon platensis* do Alto Ribeira (São Paulo): Resultados preliminares e discussão. *Anais do VII Congresso da ABEQUA*, Porto Seguro – BA, 3p.
- Lima, I. F., 1965. *Geografia de Alagoas*. Editora do Brasil, São Paulo, vol 14: 347p.
- Longinelli, A., 1984. Oxygen isotopes in mammal bone phosphate: A new tool for paleohydrological and paleoclimatological research? *Geochim. Cosmochim. Acta*, 48: 385 – 390.
- Luna, E. B. De A., 1977. Geologia e Petrografia do Complexo Granítico de Santana do Ipanema – AL. Relatório de Graduação, Universidade Federal de Pernambuco. Recife, 45p.
- Meléndez, B., 1982. *Paleontologia*. Paraninfo, Madrid, 772p.
- Mendes, J. C., 1988. *Paleontologia Básica*. T. A. Queiroz Editora, Universidade de São Paulo, São Paulo, 347p.
- Mendes, J. C., 1984. *Elementos de Estratigrafia*. Edusp, São Paulo, 12: 566p.

- Moore, D. M. & Reinolds Jr., R. C. 1989. *X-Ray Diffraction and thei Identification and Analysis of Clay Minerals*. Oxford University, Oxford, 332p.
- Muniz, G. da C.B. & Lima, L.V.O., 1985. Paleontologia de Pernambuco: Estado Atual de Conhecimentos. *Rev. Fanerozóico Nordestino*, Centro de Tecnologia,UFPE, Recife, 1: 17-20.
- Norman, D., 1996. Dinossauros. *Coleção descubra os dinossauros*, Globo, Rio de Janeiro, 39: 913 – 936.
- Odum, E. P., 1988. *Ecologia*. Guanabara Koogan, Rio de Janeiro, 520p.
- Paula-Couto, C., 1980. Fóssil Pleistocene to Sub-recent mammals from Northeastern Brazil. I – Edentata, Megalonychidae. *Anais Acad. bras. Ciência*. Rio de Janeiro, 52 (1).
- Paula-Couto, C. 1979. *Tratado de Paleomastozoologia*. Academia Brasileira de Ciências, Rio de Janeiro, 590p.
- Penny, M., 1993. *Preserve a Vida Silvestre*. Coleção Preserve o Mundo, Scipione, São Paulo, 48p.
- Plaisance, G. & Cailleux, A., 1958. *Dictionnaire des Sols*. Paris, Maison Rustique. 208p.
- Popp, J. H., 1987. *Introdução ao Estudo da Estratigrafia e da Interpretação de Ambientes de Sedimentação*. *Scientia et Labor*, UFPR, Curitiba, 323p.
- RADAMBRASIL. 1983. Levantamento de recursos Naturais *Geologia, Geomorfologia, Pedologia, Vegetação, Uso Potencial da Terra*. vol. 30. (Folha SC. 24/25 Aracaju/Recife), 856p.

- Ranzi, A. 2000. *Paleoecologia da Amazônia – Megafauna do Pleistoceno*. Editora da UFSC, UFAC, Florianópolis, Rio Branco, 101p.
- Redford, K. H., 1987. Parque das Emas. *Ciência Hoje*, SBPC, vol. 7, 38: 40 – 48.
- Rolim, J. L. 1971. Sobre alguns mamíferos fósseis de Lagoa da Pedra, Município de Santa Cruz do Capibaribe, Pernambuco. Univ. Federal de Pernambuco, *Inst. Geoc. Ser. B.*, Recife, 1(3): 1 – 19.
- Rolim, J.L., 1974. Paleontologia e Estratigrafia do Pleistoceno Continental do Nordeste Brasileiro “Formação Cacimbas”. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 117p.
- Santos, E.J. dos, 1971. Síntese da geologia do pré-Cambriano da Folha Arcoverde-Nordeste do Brasil. Sudene, Recife, 33p.
- Santos, R. da S., 1982. Fauna Cenozóica da Região Nordeste do Brasil. Coleção Mossoroense, ano XV da Escola Superior de Agricultura de Mossoró – ESAM, vol. 233, Mossoró, RN, 57 – 141.
- Schaller, H. 1969. Revisão estratigráfica da Bacia Sergipe-Alagoas. *Boletim Técnico PETROBRAS*, Rio de Janeiro, vol. 12 1: 52-72.
- Schoeninger, M. J. & DeNiro, M. J. 1984. Nitrogen and carbon isotopic composition of bone collagen from marine and terrestrial animals. . *Acta Geochim. e Cosmochim.* 48, 625 – 639.
- Scholle, P. A. & Spearing, D., 1992. *Sandstone Depositional Environments*. The American Association of Petroleum Geologists, Tulsa, 410p.
- Simões, M.G. & Holz, M., 2000. Tafonomia: Processos e Ambientes de Fossilização. In: Carvalho I. de S. (ed), *Paleontologia*. Interciência, Rio de Janeiro, p 19-45.

- Smith, G. R. & Patterson, W. P., 1994. Mio-Pliocene seasonality on the Sake River plain: comparison of faunal and oxygen isotopic evidence. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, Alberta 107: 291 – 302.
- Spearing, D. R., 1974. Summary *sheets of sedimentary deposits (Alluvial fan deposits: sheet 1*. Geological Society of America, 41p.
- Sugio, K. & Bigarella, J. J., 1990. *Ambientes Fluviais*. UFSC, Florianópolis, 183p.
- Swift, J., 1987. O Saara. Cidade Cultural, Rio de Janeiro, p 141.
- Thomas, R. D. K. 1986. Taphonomy Ecology loss in Sedimentology Gain. *Palaios*. vol. 1, 3: 206p.
- Turnbull, W. D. & Martill, D. M., 1988. Taphonomy and preservation of a monospecific titanothera assemblage from the Washakie Formation (late Eocene), Southern Wyoming. An ecological accident in the fossil record. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, Alberta 63: 9– 108.
- Veloso, C., 1986. *Eles Fazem Alagoas: Prefeitos Municipais*. Manchete dos Municípios, Jaboatão, 649p.
- Viana, M. S. S., 1999. Métodos geoquímicos aplicados à Paleontologia de vertebrados. Congresso Brasileiro de Paleontologia 16, URCA, Crato, CE, 19p.
- Viana, M. S. S. & Richter, M., 1998. Preservation of biomineralized tissues of the fishes from the Santana Formation (Lower Cretaceous of the Araraípe Basin, NE – Brazil). *Acta Geologica Leopoldensia*, UNISINOS, São Leopoldo, 46/47: 91– 100.
- Vidal, N., 1946. Contribuição ao conhecimento da Paleontologia do Nordeste Brasileiro. Notícia sobre a descoberta de vertebrados Pleistocênicos no Município de Pesqueira Pernambuco. *Bol. do Mus. Nac.*, Sér., Geologia, Rio de Janeiro, 6: 1 – 15.

1959. Um *Toxodon* no Pleistoceno de Pernambuco. *Bol. Do Mus.Nac., Ser., Geologia, Rio de Janeiro*, 30: 1 – 17.

Wang, Y. & Cerling, T. E. 1994. A model of tooth and bone diagenesis: implications for paleodiet reconstruction from stable isotopes. *Palaeogeography, Palaeoclimatology and Palaeoecology*, Alberta, 107: 281 – 289.

Smith, G. A.; Geissman, J. W.; Quade, J.; Lindsay, E. H. & Bowman, J. R. 1991. Climatic and ecologic changes during the Pliocene and early Pleistocene in southeastern Arizona: stable isotopic records from St. David Formation. *Geol. Soc. Am. Alberta*, 23: A300.

Webster, D., 2000. Inferno. *National Geographic*. Rio de Janeiro, 17: 68 – 81.

Weigelt, J., 1989. *Recent Vertebrate Carcasses and their Paleobiological implications*. (Translated by SCHAEFER, J.) University of Chicago Press, Chicago, 168p.

Wood, J. M.; Thomas, R. G.; Visser, J., 1988. Fluvial processes and vertebrate taphonomy: The upper Cretaceous Judith River Formation, South – Central Dinosaur Provincial Park, *Paleogeography, Paleoclimatology and Palaeoecology*, Alberta, 66: 43–127.