



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOCIÊNCIAS

PÉTRIUS DA SILVA BÉLO

**EXTINÇÃO E A INTERAÇÃO HOMEM-MEGAFUNA NO FINAL DO
PLEISTOCENO E INÍCIO DO HOLOCENO, NOS ESTADOS DE PERNAMBUCO E
PIAUÍ, NORDESTE DO BRASIL**

Recife

2017

PÉTRIUS DA SILVA BÉLO

**EXTINÇÃO E A INTERAÇÃO HOMEM-MEGAFAUNA NO FINAL DO
PLEISTOCENO E INÍCIO DO HOLOCENO, NOS ESTADOS DE PERNAMBUCO E
PIAUI, NORDESTE DO BRASIL**

Tese de Doutorado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geociências do Centro de Tecnologia e Geociências, Departamento de Geologia da Universidade Federal de Pernambuco – UFPE, como preenchimento dos requisitos para obtenção do grau de Doutor em Geociências.

Área de concentração: Geologia Sedimentar e Ambiental

Orientador: Prof. Dr. Édison Vicente Oliveira

Recife

2017

Catálogo na fonte

Bibliotecária Maria Luiza de Moura Ferreira, CRB-4 / 1469

B452e Bélo, Pétrius da Silva.

Extinção e a interação homem-megafauna no final do Pleistoceno e início do Holoceno, nos Estados de Pernambuco e Piauí, Nordeste do Brasil / Pétrius da Silva Bélo. - 2017.

166 folhas, il.; tab., abr., sigl.

Orientador: Prof. Dr. Édison Vicente Oliveira.

Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Pernambuco. CTG. Programa de Pós-graduação em Geociências, 2017.

Inclui Referências.

1. Geociências. 2. Pleistoceno-Brasil. 3. Mamíferos. 4. Extinção. 5. Hipóteses. 6. Paleoclimas. 7. Broken Zig-Zag. I. Oliveira, Édison Vicente (Orientador). II. Título.

UFPE

551 CDD (22. ed.)

BCTG/2018-269

PÉTRIUS DA SILVA BÉLO

**EXTINÇÃO E A INTERAÇÃO HOMEM-MEGAFUNA NO FINAL DO
PLEISTOCENO E INÍCIO DO HOLOCENO, NOS ESTADOS DE PERNAMBUCO E
PIAUÍ, NORDESTE DO BRASIL**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geociências da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial para a obtenção do título de doutor em Geociências.

Aprovada em: 24/08/2017

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Édison Vicente Oliveira (Orientador)
Universidade Federal de Pernambuco

Prof. Dr. Gelson Luis Fambrini (Examinador Interno)
Universidade Federal de Pernambuco

Prof. Dr. Henry Socrates Lavallo Sullasi (Examinador Externo)
Universidade Federal de Pernambuco

Prof. Dr. Jorge Luiz Lopes da Silva (Examinador Externo)
Universidade Federal de Alagoas

Prof.^a Dr.^a Cláudia Alves de Oliveira (Examinadora Externa)
Universidade Federal de Pernambuco

Prof. Dr. Demétrio da Silva Mutzenberg (Examinador Externo)
Universidade Federal de Pernambuco

AGRADECIMENTOS

Ao Criador do universo, Adonai Elohim,
por cuidar de todos os aspectos da minha vida.

Aos meus pais: Maria de Fátima da Penha e Leonildo da Silva Bélo.

À minha noiva Soraya Ferraz

Ao meu orientador e amigo o Professor Dr. Édison Vicente Oliveira.

Professora Dra. Sônia Tatumi (Departamento de Ciências Marinhas da USP).

À todos os docentes do Programa de Pós-Graduação em Geociências da UFPE, em especial aos Professores Édison Vicente Oliveira, Alcina Barreto, Gelson Fambrini, Paulo Eduardo Oliveira, Alcides Nóbrega Sial.

À todos os professores do Programa de Pós-Graduação em Arqueologia da UFPE

Aos pesquisadores do Laboratório de Paleontologia da UFPE - PALEOLAB.

Aos pesquisadores do Laboratório de Isótopos Estáveis da UFPE – Labise.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq.

À Superintendência do Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional em Pernambuco – IPHAN-PE, especialmente à Coordenadora Técnica Sra. Cremilda Martins de Albuquerque e à Superintendente Sra. Renata Duarte Borba por terem autorizado a minha participação em aulas e nas atividades de laboratório, necessárias a conclusão do doutorado.

Ao Setor de Arqueologia do IPHAN/PE.

Aos amigos que trabalharam comigo no Instituto de Tecnologia de Pernambuco – ITEP na equipe de arqueologia: Aramis Macedo Leite, Gléna Salgado Vieira e Jeane G. Ferreira das Chagas.

“Um pouco de ciência nos afasta de Deus. Muito, nos aproxima.”
(Louis Pasteur)

RESUMO

O Nordeste Brasileiro possui um rico registro fóssil pleistocênico, juntamente com fontes de dados paleoambientais e arqueológicas, sendo desse modo uma região propícia ao estudo dos possíveis fatores que conduziram à extinção da fauna pleistocênica, como as mudanças climáticas ou a presença humana por exemplo. Sítios paleontológicos inseridos no relevo cárstico, em depósitos de tanques e lagoas foram favoráveis à formação e preservação de fósseis de grandes e megamamíferos pleistocênicos. Os tanques e lagoas são abundantes no estado do Pernambuco, já os sítios cársticos encontram-se na área arqueológica do Parque Nacional Serra da Capivara no Piauí. Neles pode-se encontrar material arqueológico (artefatos líticos) com prováveis associações estraigráficas aos fósseis. Também são encontradas marcas ósseas produzidas pela ação humana antes da diagênese ter início (Sítio TJBA). As características destes vestígios propiciam dados relevantes ao estudo da extinção da fauna do Pleistoceno e Holoceno Inicial no Nordeste do Brasil. Nesta tese serão abordadas as principais hipóteses para a extinção da grande e da megafauna no continente americano (*Overkill*, mudança climática, doenças e o *Broken Zig Zag*, dentre outras). Tais hipóteses serão contrastadas com os dados dos principais sítios do Nordeste brasileiro no que concerne aos eventos de formação dos mesmos, sua cronologia, mudanças ambientais e a presença humana na região. O método consistiu na análise de marcas ósseas de descarte, datação dos níveis por Luminescência Opticamente Estimada – LOE, análise da taxa de hematita e goethita, análise de isótopos estáveis de $\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^{18}\text{O}$, análise estratigráfica e correlação entre os dados paleontológicos e arqueológicos (líticos e marcas em ossos). Com este fim, foram analisados dados primários dos seguintes sítios: Tamanduá de Cima (São Bento do Uma - PE), Tanque da Fazenda Logradouro (Fazenda Nova-PE) e o sítio arqueológico e paleontológico Toca da Janela da Barra do Antonião (Coronel José Dias-PI). Já as fontes secundárias são provenientes de diversos sítios arqueológicos e paleontológicos localizados na região Nordeste. Atualmente existem diversas hipóteses de extinção da megafauna na América do Sul, dentre elas: caça pelo homem, mudanças ambientais, *Broken Zig Zag*, entre outras. Mas apenas uma delas parece enquadrar-se aos dados aqui estudados (a Hipótese do *Broken Zig Zag*). Contudo, nesta Tese defendemos a ideia de “extinção em dois passos” (*extinctions in two steps*), sendo o primeiro no UMG para megamamíferos e o segundo no Holoceno

Inicial para mamíferos da não-megafauna (grande fauna). As datas disponíveis, bem como os dados de sítios pré-históricos apontam para a convivência entre homem pré-histórico e a megafauna. Mas, a interação homem-megafauna não está ainda demonstrada durante o Pleistoceno Final no Nordeste brasileiro. Em contraste, durante o Holoceno Inicial existem dados que demonstram claramente a interação entre o homem e pelo menos dois taxa extintos (*Hippidion* e *Catonyx*).

Palavras-chave: Pleistoceno-Brasil. Mamíferos. Extinção. Hipóteses. Paleoclimas. Broken Zig-Zag.

ABSTRACT

The Northeast of Brazil has a rich Pleistocene fossil record, together with paleoenvironmental and archaeological data sources, turning this region as very important to the study of the possible factors that led to the extinction of the Pleistocene fauna, such as climatic changes or human presence, for example. Paleontological sites inserted in the karstic relief, deposits of tanks and ponds are favorable to the formation and preservation of fossils of large and Pleistocene megamammals. Tanks and ponds are abundant in the state of Pernambuco, while the karst sites are located in the archaeological area of Serra da Capivara National Park in Piauí. In them can be found archaeological material (lithic artifacts) with probable stratigraphic association to the fossils. Bone markers produced by human action are also found before diagenesis begins (TJBA site). The characteristics of these traces provide data relevant to the study of the extinction of the Pleistocene and early Holocene fauna in Northeast Brazil. In this thesis will be approached the main hypotheses for the extinction of large and megafauna in the American continent (Overkill, climate change, diseases and Broken Zig Zag). These hypotheses will be contrasted with the data of the main sites regarding the formation events of the same, their chronology, environmental changes and the human presence in the region. The methodology includes ages by Optically Stimulated Luminescence - LOE, analysis of the hematite and goethite rate, analysis of stable isotopes of $\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^{18}\text{O}$, stratigraphic analysis and correlation between paleontological and archaeological data (lithics and bone markers). For this purpose, the following data were analyzed: Tamanduá de Cima (São Bento do Una-PE), Fazenda Nova-PE (Fazenda Nova-PE) and the archaeological and palaeontological site Toca da Janela da Barra do Antonião Coronel José Dias-PI). The secondary sources are derived from several archaeological and paleontological sites located in the Northeast region. Currently there are several hypotheses of extinction of the megafauna in South America, among them: man-hunting, environmental changes, Broken Zig Zag among others. But only one of them seems to fit the data studied here (the Broken Zig Zag Hypothesis). However, in this thesis we defended the idea of two-step extinction, the first step occurred in the LGM impacting several megamammals and the second step in the early Holocene for mammals of non-megafauna (large mammals). The ages available, as well as the data of prehistoric sites point to the coexistence between

prehistoric man and the megafauna. However, the man-megafauna interaction is not yet demonstrated during the Late Pleistocene in the Northeastern Brazil. In contrast, during the early Holocene there are data that clearly demonstrate the interaction between man and at least two extinct taxa (*Hippidion* and *Catonyx*).

Keywords: Pleistocene-Brazil. Mammals. Extinction. Hypotheses. Paleoclimates. Broken Zig-Zag.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Ponta de Lança Clovis.....	32
Figura 2 - Escavação do Sítio Colby	33
Figura 3 - Pontas Folsom	34
Figura 4 - Associação estratigráfica entre pontas Folsom e fósseis de bisão.....	34
Figura 5 - Causas da Extinção	36
Figura 6 - (A) Cenário ambiental do Pleistoceno Superior; (B) cenário ambiental do interglacial.....	42
Figura 7 - Oscilações Pluviométricas.....	43
Figura 8 - Ponta de projétil de osso encravada em costela de mastodonte	49
Figura 9 - Rotas de Povoamento da América do Norte	54
Figura 10 - Crânio humano coletado no setor T3, Sítio Toca do Garrincho.....	57
Figura 11 - Dentes humanos in situ, Setor T 6, Sítio Toca do Garrincho.....	58
Figura 12 - De cima para baixo: dentário (Sítio do Antonião), radiografia do dentário (Sítio do Garrincho) e alguns dentes ilustrados (Sítio do Garrincho).	60
Figura 13 - Rotas migratórias pré-históricas da América do Sul	64
Figura 14 - Dentário de Hippidion saldiasi, Sítio Cueva del Medio	71
Figura 15 - Sulcos em escápula de Hippidion principale, Sítio Toca da Janela da Barra do Antonião.....	72
Figura 16 - Localização dos maciços calcários (serrotes) no entorno do Parque Nacional Serra da Capivara, Piauí.....	73
Figura 17 - Dentário de Blastoceros dichotomus.	75
Figura 18 - Pintura rupestre de Blastoceros localizada no Sítio Arqueológico Toca do Paraguai.	76
Figura 19 - Ferramentas Líticas, Sítio Arqueológico Toca das Moendas.	77
Figura 20 - Tanque Fazenda Nova.....	83
Figura 21 - Artefato Lítico associado estratigraficamente a costelas de um mamífero pleistocênico, Tanque Fazenda Nova.....	84
Figura 22 -Seção estratigráfica do Tanque Fazenda Nova.	86
Figura 23 - Ferramenta Lítica, Tanque Fazenda Nova.	88
Figura 24 - Peça Lítica com sinais de polimento na face anterior e posterior, Tanque Fazenda Nova.....	88
Figura 25 - Ferramenta associada aos fósseis; apresenta incrustação carbonática (Tanque Fazenda Nova).	88
Figura 26 - Ferramenta com gume cortante, Tanque Fazenda Nova.....	88
Figura 27 - Ferramenta (vista anterior), Tanque Fazenda Nova.	89
Figura 28 - Ferramenta (vista posterior), Tanque Fazenda Nova.	89
Figura 29 - Perfil litológico da Lagoa Uri de Cima.....	91
Figura 30 - Artefatos em sílex associados diretamente ao calcrete da lagoa Uri de cima.....	93
Figura 31 Sítio TJBA, detalhe do abrigo.....	94
Figura 32 - Paredão cártístico, TJBA	94
Figura 33 - Úmero de Hippidion com marcas antrópicas e fratura, Sítio TJBA.....	96
Figura 34 - Sulcos interrompidos (seta verde) e preenchidos (seta Vermelha) em úmero de Hippidion TJBA.	97

Figura 35 - Estrias internas dos sulcos	97
Figura 36 - Fratura irregular perpendicular em rádio de Hippidion.	98
Figura 37 - Afundamento da superfície óssea em tíbia de Hippidion (TJBA).....	99
Figura 38 - Ferramenta Lítica, TJBA.....	99
Figura 39 - Ferramenta Lítica, TJBA.....	99
Figura 40 - Datas para a última aparição da megafauna e a primeira aparição humana na América do Sul.....	107
Figura 41 - Intervalo cronológico para a fauna pleistocênica da América do Sul	112
Figura 42 - Localização de sítios arqueológicos no extremo sul do continente americano .	113
Figura 43 - Localização do Município de São Bento do Una	117
Figura 44 - Geologia de São Bento do Una	118
Figura 45 - Imagem de satélite do Sítio Tamanduá de Cima.....	119
Figura 46- Sítio Paleontológico Tamanduá de Cima	120
Figura 47 - Fósseis do Sítio Tamanduá de Cima, recuperados na "Casa de Alceu Valença", São Bento do Una	122
Figura 48 - Icnofósseis (pegadas de fauna), Sítio Tamanduá de Cima	125
Figura 49 - Secção estratigráfica do Sítio Tamanduá de Cima	126
Figura 50 - Níveis datados por LOE	128
Figura 51 - Evento Heinrich Stadial (17.730 - 14.800BP) e o UMG	133
Figura 52 - Variação dos valores de isótopos estáveis de ¹³ C e ¹⁸ O, sítio Tamanduá de Cima	136
<i>Figura 53 - Tanque Incó</i>	137
Figura 54 - Lagoa Uri de Cima	137
Figura 55 - Tamanduá de Cima	137
Figura 57 - Extinção em dois passos	139

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Hipóteses para a extinção	29
Quadro 2 - Fauna Pleistocênica no estado de Pernambuco.....	80
Quadro 3 - Critérios para datação por ^{14}C	105
Quadro 4 - Idades por LOE, Sítio Tamanduá de Cima	128
Quadro 5 - Taxas de hematita e goethita, Sítio Tamandua de Cima.....	129
Quadro 6 - Resultados das Análises isotópicas, Sítio Tamanduá de Cima.....	135

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Massa corporal estimada dos mamíferos pleistocênicos	26
Tabela 2 - Datações dos Sítios Arqueológicos Brasileiros	103
Tabela 3 - Datações dos Sítios Arqueológicos Taguatagua e Monte Verde, Chile	104
Tabela 4 - Cronologia de Sítios Arqueológicos Brasileiros.....	111
Tabela 5 - Datações dos Sítios Arqueológicos da América do Sul	114

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

HS1. *Heinrich Stadial 1*

HS2. *Heinrich Stadial 2*

SAMS. *South American Monsoon System*

T.C. Tamanduá de Cima

TJBA. Toca da Janela da Barra do Antônio

UMG. Último Máximo Glacial

YD. *Younger Dryas*

Sumário

1	INTRODUÇÃO.....	16
1.1	JUSTIFICATIVA.....	19
1.2	OBJETIVOS.....	19
2	MATERIAIS E MÉTODOS.....	20
3	AS HIPÓTESES PARA A EXTINÇÃO DA MEGAFUNA.....	24
3.1	A hipótese do <i>Overkill</i>.....	30
3.2	Doenças.....	38
3.3	Mudanças Climáticas.....	39
3.4	Impacto de um Bólido.....	40
3.5	Hipótese do <i>Broken Zig-Zag</i>.....	41
3.6	Hipótese das respostas específicas.....	44
4	POVOAMENTO PRÉ-HISTÓRICO NA AMÉRICA DO SUL.....	45
4.1	Introdução.....	45
4.2	Evidências mais antigas do povoamento americano.....	45
4.3	Povoamento no continente sul-americano.....	55
5	A INTERAÇÃO HOMEM FAUNA PLEISTOCÊNICA NA AMÉRICA DO SUL.....	65
5.1	A Interação.....	65
5.2	O Tanque de Fazenda Nova.....	82
5.3	Sítio Uri de Cima.....	90
5.4	Abrigo Toca da Janela da Barra do Antonião.....	94
6	CRONOLOGIA DA EXTINÇÃO NA AMÉRICA DO SUL.....	101
6.1	Introdução.....	101
6.2	Datações e seus critérios.....	101
6.3	Intervalo cronológico.....	112
7	SÍTIO PALEONTOLÓGICO TAMANDUÁ DE CIMA: novos dados cronológicos correspondentes ao UMG.....	117
7.1	Sítio Tamanduá de Cima.....	117
7.2	Análises isotópicas, paleoambiente e cronologia.....	127
8	DISCUSSÃO.....	140
9	CONCLUSÕES.....	151
	REFERÊNCIAS.....	153

1 INTRODUÇÃO

Há décadas que o tema da extinção da mastofauna pleistocênica motiva estudo de diversos pesquisadores, das mais diversas áreas. Paleontólogos, arqueólogos, ecólogos e muitos outros especialistas elaboraram hipóteses para a extinção destes impressionantes animais, que desapareceram por último no continente americano aproximadamente durante a transição Pleistoceno-Holoceno. Sabe-se que durante o Pleistoceno Final aproximadamente 30 gêneros de mamíferos desapareceram na América do Norte e possivelmente mais de 50 foram extintos na América do Sul (HAYNES, 2009). Muitos pesquisadores buscam as causas do súbito desaparecimento destes animais.

Há uma grande quantidade de estudos sobre a extinção na América do Norte (MARTIN e KLEIN, 1984; HAYNES, 2009; KOCH e BARNOSKY, 2006; BURNEY e FLANNERY, 2005), no entanto os dados para a América do Sul ainda são pouco conhecidos, e quase que inteiramente baseados em dados do extremo sul do continente. Os critérios para a análise das evidências, muitas vezes não são bem estabelecidos como salientou Borrero (2007) e muitas datações não são confiáveis ou foram obtidas sem o devido controle estratigráfico.

No Brasil há publicações relevantes ao estudo de material arqueológico encontrado em sítios que apresentam vestígios paleontológicos, como os trabalhos de Lima (1995), Parenti (1996), para o sítio lagoa da Pedra e Guidon (1991), Guambéry (1991), Guérin *et. al* (1993 e 1996), Parenti *et al.* (2002), Bélo e Oliveira (2013) e Santos (2012) para o sítio Toca da Janela da Barra do Antonião (TJBA.). Entre estas, poucas focaram na interação homem-fauna durante Pleistoceno Final e Holoceno Inicial. É notório que a questão da extinção da fauna pleistocênica no Nordeste brasileiro também não é devidamente enfatizada, privilegiando-se questões taxonômicas (GUERÍN *et. al.*, 1993 e 1996) ou a análise da tecnologia lítica (SANTOS, 2012; PARENTI, 1996).

Na região Nordeste, os sítios paleontológicos inseridos no relevo cárstico, em depósitos de tanques e lagoas são favoráveis à formação e preservação de fósseis de megamamíferos pleistocênicos. Os tanques e lagoas são abundantes no estado do Pernambuco, já os sítios cársticos encontram-se na área arqueológica do Parque Nacional Serra da Capivara no Piauí. Neles pode-se encontrar material arqueológico associado estratigraficamente aos fósseis, como os artefatos líticos. Também são

encontradas alterações ósseas ou marcas produzidas pela ação humana. Estas marcas são susceptíveis a análise graças aos padrões identificados e descritos no decorrer do desenvolvimento de uma tafonomia aplicada a pesquisa arqueológica, através dos estudos de Behrensmeyer (1975, 1976 e 1985); Binford (1981 e 1983); Shipman e Rose (1983a e 1983b); Eickhoff e Hermann (1984); Blumenschine (1988); Haynes (1988); Blasco (1992); Fisher (1995); Terreros (2006), destacando-se o uso da microscopia convencional e eletrônica de varredura na análise da assembleia fóssil conforme as pesquisas de Bello *et al* (2011) e Bochin *et al.* (2011).

Tendo em vista a grande quantidade de depósitos de tanques, lagoas e cavidades cársticas nos estados do Piauí e Pernambuco, ainda há muitos sítios e vestígios para serem estudados, sobretudo a partir de uma abordagem centrada na extinção e na interação homem-fauna. As pesquisas publicadas até o momento consideram estes sítios como fonte de informação taxonômica, cronológica, tafonômica e paleoambiental, no entanto, estes dados não vêm sendo utilizados para se discutir as causas da extinção da fauna, tão pouco uma possível participação humana neste processo. O Nordeste do Brasil é uma das regiões mais ricas do mundo em sítios com fósseis quaternários continentais, o que proporciona aos pesquisadores muitos novos sítios para serem examinados.

As pesquisas conduzidas no Tanque Incó no Distrito de Fazenda Nova, por (Alves, 2007; Silva, 2007; Oliveira, Barreto, Alves, 2009), embora não enfocassem a presença de material arqueológico, forneceram informações valiosas sobre as datações e a estratigrafia deste tanque. Com base nas primeiras datações por Luminescência Ópticamente Estimulada (LOE) e Ressonância Paramagnética Eletrônica (EPR), os resultados destas datações situam o tanque entre 58.900 e 63.800 anos A.P. Foram encontrados artefatos líticos nas camadas acima dos fósseis e um lítico na mesma camada onde foram encontradas costelas de *Eremotherium*, este lítico possui morfologia semelhante às ferramentas encontradas no sítio TJBA. Estes dados fornecem os primeiros subsídios para o estudo da cronologia da extinção da megafauna e para a o teste de hipóteses sobre o processo que a extinguiu, incluindo a possibilidade da contribuição humana neste processo.

No sítio lagoa da Pedra, Salgueiro-PE, escavado entre os anos de 1993 e 1994, foram encontradas mais de 600 peças líticas, com morfologia compatível com artefatos do início do Holoceno. A fauna é típica de um ambiente mais úmido que o atual, com vegetação mista e abundante com florestas e pastos. Já no sítio Uri de

Cima, outra lagoa pleistocênica também localizada no município de Salgueiro, foi conduzida uma ampla escavação arqueológica, com rigoroso controle estratigráfico e grande quantidade de datações. Neste sítio é reportada a presença de fósseis de megafauna e de artefatos líticos, assim como no sítio Lagoa da Pedra.

As escavações realizadas pela Missão Franco-Brasileira no sítio Toca da Janela da Barra do Antonião, no Piauí nos anos de 1986, 1988, 1989 e 1990, coordenadas pela Dra. Niède Guidon permitiram constatar a ocorrência de associação estratigráfica entre uma grande quantidade de artefatos líticos e fósseis, em todos os quatro setores escavados. Este sítio não é apenas uma área de deposição, mas sim um abrigo pré-histórico que foi ocupado por grupos humanos no mínimo durante o Holoceno Inicial. Sua datação mais antiga é de 9.670 anos A.P.

Durante a pesquisa realizada por Bélo (2012) e por Bélo e Oliveira (2013) nos vestígios deste sítio, foi constatada na superfície de espécimes fósseis de mamíferos pleistocênicos, com uso de microscopia eletrônica, a presença de marcas com padrões antrópicos. Estas marcas corroboraram hipótese de que havia vestígios de atividades culturais sobre os fósseis. Evidências de associações deste tipo, entre material paleontológico e arqueológico, são imprescindíveis para o estudo das relações entre o homem pré-histórico e a megafauna pleistocênica, fornecendo informações referentes ao paleoambiente e a uma possível contribuição humana para a extinção destes animais na América do Sul, bem como em relação a cronologia de sua extinção (Fiedel, 2009; MacPhee, 2009). Pesquisadores como Borrero (2007 e 2009) e Barnosky (2010), vêm rastreando a presença de sítios com a interação homem-megafauna na América do Sul no final do Pleistoceno, buscando elucidar os fatores paleoclimáticos e antrópicos possivelmente responsáveis pela extinção da fauna pleistocênica.

Recentemente, os dados obtidos no sítio Tamanduá de Cima (município de São Bento do Una –PE) um depósito fluvial cimentado por CaCO_3 , com pegadas e fósseis de mamíferos extintos, forneceu os dados cronológicos e paleoambientais que trouxeram maior relevância para o estudo da extinção, sobretudo no estado de Pernambuco. Este sítio, juntamente com os vestígios do Tanque Incó de Fazenda Nova, forneceram os principais dados para subsidiar esta Tese.

Ante o exposto acima, percebe-se o quanto o Nordeste brasileiro é uma região de fundamental importância para o estudo da extinção da mastofauna pleistocênica,

podendo fornecer subsídios para a compreensão do processo de extinção na América do Sul.

1.1 JUSTIFICATIVA

O estudo desta temática justifica-se pela necessidade de se realizar mais trabalhos que enfoquem os vestígios paleontológicos, arqueológicos e ambientais que irão fornecer subsídios para se testar hipóteses sobre a extinção da mastofauna pleistocênica no América do Sul e pela necessidade de se examinar evidências da relação homem-fauna no Nordeste do Brasil.

1.2 OBJETIVOS

Objetivo principal:

Testar hipóteses para a extinção da fauna pleistocênica no NE do Brasil.

Objetivos específicos:

- Comparar o panorama atual das hipóteses com os dados do Nordeste brasileiro.
- Analisar vestígios paleontológicos;
- Analisar vestígios arqueológicos;
- Analisar dados paleoambientais.

Nesta Tese, foram analisados os dados de vestígios encontrados em sítios paleontológicos e arqueológicos do Pleistoceno Final - Holoceno inicial, suas *proxies* ambientais e a sua cronologia. O problema proposto para esta tese é: **qual ou quais as causas para a extinção pleistocênica são/é mais coerente(s) com os dados do Nordeste do Brasil?** Responder a esta questão é o principal objetivo desta Tese.

Para este fim, os objetivos específicos correspondem ao teste das diferentes hipóteses para a extinção de megamamíferos na América do Sul, relativas aos fatores paleoclimáticos, paleopatológicos e antrópicos que seriam determinantes para extinção. As hipóteses testadas são o *overkill*, a *climatic-change*, a *blitzkrieg*, a *sitzkrieg*, a *hyperdisease* e o *broken Zig-Zag* (Haynes, 2009, Cione *et al.*, 2009).

2 MATERIAIS E MÉTODOS

Foram analisados os dados provenientes dos seguintes sítios: sítio paleontológico Tamanduá de Cima - TC (São Bento do Una/PE), Tanque Incó (Distrito de Fazenda Nova/PE) e o Sítio Toca da Janela da Barra do Antonião -TJBA (Coronel José Dias/PI) a partir de dados primários; e os sítios lagoa Uri de Cima (Salgueiro/PE), Toca do Garrincho (Coronel José Dias/PI) e diversos sítios arqueológicos e paleontológicos sulamericanos com base em dados bibliográficos, especialmente no que concerne a interação homem fauna no Pleistoceno e a cronologia da extinção.

Os materiais ósseos analisados e mencionados nesta tese, estão depositados no Fundação Museu do Homem Americano – FUMDHAM no estado do Piauí e no Laboratório de Paleontologia da UFPE em Pernambuco.

Esta pesquisa compreende obter dados relativos aos possíveis agentes que conduziram um processo de extinção no Nordeste do Brasil. Por isso, os métodos empregados objetivaram conseguir informações sobre as idades, os eventos ambientais, os vestígios arqueológicos/paleontológicos e as suas correlações estratigráficas.

Consiste ainda em analisar as evidências paleontológicas e arqueológicas que possam corroborar uma hipótese ou modelo para a extinção da fauna pleistocênica no Nordeste do Brasil, conforme abaixo:

- Teste de hipóteses para a extinção;
- Análise da taxa de hematita e goethita,
- Análise de isótopos estáveis de $\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^{18}\text{O}$;
- Datações por LOE;
- Análise de fósseis paleontológicos;
- Análise de artefatos arqueológicos;
- Análise cronoestratigráfica de diferentes sítios.

Em primeiro lugar, consistiu basicamente no levantamento bibliográfico das principais hipóteses explicativas para a extinção, e na análise das evidências

paleontológicas e arqueológicas que possam corroborar ou refutar uma hipótese para a extinção da fauna pleistocênica no Nordeste do Brasil.

O levantamento bibliográfico foi realizado com base na leitura e síntese dos principais artigos que abordam o tema da extinção no continente americano. Foram observados os argumentos e os dados apresentados, bem como suas coerências e inconsistências, e se os mesmos se encaixam nas características dos sítios arqueológicos e paleontológicos do Nordeste do Brasil, durante o Pleistoceno Final e Holoceno Inicial.

No que concerne às análises de físico-químicas, foi realizada a coleta e análise de amostras de diferentes níveis de arenito calcífero de um ambiente sedimentar fluvial correspondente ao Sítio Paleontológico Tamanduá de Cima (São Bento do Una/PE). O material é resultante da dissolução e precipitação do carbonato de cálcio, em decorrência de flutuações climáticas nas regiões semiáridas. Por isso, serve com uma importante fonte de informações paleoambientais, sobretudo quando consideramos a abundância de material semelhante, como o calcrete, em tanques e lagoas pleistocênicas no Nordeste brasileiro. As características geológicas deste sítio, permitem uma abordagem eminentemente ambiental. Por isso, foram selecionados métodos que podem indicar a existência, ou não, de um evento paleoambiental que poderia ter provocado a extinção da mastofauna pleistocênica.

A cronologia é de suma importância para se entender a extinção. O momento em que estes animais foram extintos pode ser utilizado para se corroborar ou refutar uma determinada hipótese. Sendo assim, se houve a contribuição de um ou mais eventos ambientais ou antrópicos, eles precisam ser datados com precisão.

O método cronológico selecionado vem sendo utilizado para datar depósitos sedimentares com grãos de quartzo. Sabe-se que muitos minerais possuem armadilhas em sua estrutura cristalina que aprisionam elétrons, estas armadilhas são esvaziadas após a exposição a luz. Após a deposição do material as armadilhas da estrutura cristalina voltam a capturar elétrons permitindo assim datar o tempo transcorrido desde a última vez que terminou a exposição a luz. Quando as amostras são expostas a uma luz com comprimento de onda visível, mede-se a resposta através de uma propriedade conhecida por luminescência, da qual deriva o nome do método Luminescência Opticamente Estimulada – LOE (Renfrew e Bahn, 2013).

Com a finalidade de datar os diferentes níveis sedimentares do depósito fluvial, foi adotado o método de datação por Luminescência Opticamente Estimulada por

alíquota de quartzo, o qual permite isolar e datar o quartzo presente nos níveis carbonáticos. As curvas de LOE foram medidas a partir de um leitor TL/LOE automatizado, modelo Risø-DA20. Sendo o fenômeno luminescente detectado na região UV com um filtro V-340. Especificações técnicas mais detalhadas podem ser encontradas em Morray e Wintle (2000) e Tatum et al.,(2015).

Outro ponto levado em consideração é a escala, ou abrangência de um dado fenômeno ambiental. Se a megafauna foi extinta por uma mudança climática, está deve ter deixado assinaturas geoquímicas em diferentes sítios paleontológicos e arqueológicos, não ficando restrita apenas ao Sítio Tamanduá de Cima. Por isso, além das datações, foram realizadas análise de taxas de concentração de hematita e goethita, visando comparar os dados ambientais deste sítio com os dados de outras localidades.

A espectroscopia FTIR-VIS, ou análise da taxa de hematita e goethita (TATUMI et al., 2015), consiste a utilização de espectrômetros (Thermonicolet Modelo 5 SI e Fento 600 Plus) para aferir as taxas de hematita e goethita presentes em carbonatos fluviais, com a finalidade de se fazer inferências paleoambientais. Sabe-se que as concentrações maiores de hematita indicam condições climáticas mais quentes, em quanto que a formação de goethita indica um ambiente mais frio.

Os dados obtidos por este método foram comparados com os resultados da análise de isótopos estáveis de $\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^{18}\text{O}$ de amostras do mesmo sítio. Sendo assim, caso as duas análises confirmem o mesmo tipo de condição paleoambiental, os resultados serão mais robustos para se sustentar uma hipótese. Do mesmo modo, foi observado na bibliografia referente ao estudo paleoambiental, se há a o registro de eventos ambientais semelhantes em outros tipos de proxies, como espeleotemas por exemplo.

Já as amostras para análise de isótopos estáveis foram processadas e analisadas no LABISE (Laboratório de Isótopos Estáveis da Universidade Federal de Pernambuco). O CO_2 foi extraído destas amostras em uma linha de alto vácuo após a reação com ácido fosfórico a 250 C° e limpo criogenicamente, de acordo com o método descrito por Craig (1957). O gás de CO_2 liberado foi analisado para os isótopos de O e C em um espectrômetro de massa de entrada tripla e tripla (VG Isotech SIRA II), utilizando o gás de referência BSC (Calibeta Borborema Skarn) que foi calibrado contra NBS-18, NBS-19 e NBS- 20, e tem o valor $\delta^{18}\text{O}$ de $-11,3\text{ ‰ VPDB}$ e $\delta^{13}\text{C} = 8,6\text{ ‰ VPDB}$. A precisão externa com base em múltiplas medidas padrão do

NBS-19 foi superior a 0,1 ‰ para carbono e oxigênio. As análises de isótopos são expressas na δ -notação em partes por mil em relação ao padrão internacional VPDB.

Outra questão relevante é entender as tradições arqueológicas líticas, sobretudo as encontradas no Nordeste do Brasil. Sendo de fundamental importância para se avaliar em que medida estes animais poderiam ou não ter sido caçados pelo homem. Por isso, parte do método desta Tese consiste no levantamento de dados primários e bibliográficos, sobre vestígios da interação do homem com a fauna extinta. A presença de artefatos líticos associados estratigraficamente com vestígios de mega ou de grandes mamíferos indica que eles coexistiram do ponto de vista cronológico apenas, em quanto que marcas antrópicas em fósseis de mamíferos extintos são indicadores de que os mesmos foram predados pelos humanos pré-históricos.

Sabe-se, que um mesmo evento climático pode ficar registrado nos níveis estratigráficos de diferentes sítios arqueológicos e / ou paleontológicos. Para esse fim, buscou-se fazer uma correlação estratigráfica e cronológica entre os sítios abordados nesta Tese. A correlação foi feita com sítios que apresentassem vestígios fósseis, datações por diferentes métodos (C14, LOE), níveis carbonáticos (calcretes) e vestígios arqueológicos associados aos fósseis. Analisando uma correlação estratigráfica com estes critérios, é possível avaliar se houve uma contribuição ambiental e/ou humana no processo de extinção.

Após estes procedimentos metodológicos, foram avaliadas quais hipóteses são mais plausíveis para se explicar o processo ou evento de extinção. As hipóteses avaliadas individualmente ou em conjunto, podem ser consideradas totalmente refutadas ou corroboradas, ou ainda, parcialmente refutadas ou corroboradas. Os aspectos considerados corroborados de uma determinada hipótese podem ser associados a outros de outra hipótese plausível, com vistas a se produzir um quadro mais fidedigno das condições que antecederam a extinção da mastofauna pleistocênica.

3 AS HIPÓTESES PARA A EXTINÇÃO DA MEGAFUNA

Desde a publicação da hipótese do Overkill (Martin, 1967 e 1984) que o debate sobre a extinção dos mamíferos pleistocênicos vem ganhando partidários. As discussões envolvem as mais variadas áreas do conhecimento, tentando encontrar uma explicação plausível, ou seja, uma hipótese para esclarecer uma das mais intrigantes questões das geociências, qual a causa ou as causas para a extinção da fauna pleistocênica do continente americano? Afinal de contas, aproximadamente 30 gêneros de mamíferos desapareceram na América do Norte e possivelmente mais de 50 foram extintos na América do Sul.

Essa temática ganha ainda mais notoriedade por estar associado aos estudos de temas com abrangência global, tais como as mudanças climáticas, a dispersão do *Homo sapiens* e os efeitos catastróficos sobre sistemas ecológicos. Isso sem levar em consideração que questões ambientais como sustentabilidade, poluição e extinções de espécies atuais ganham cada vez mais espaço na mídia, além da estimulante curiosidade científica. Todos esses motivos agregam relevância ao estudo do tema.

Considera-se para fins desta tese que não há uma teoria ou paradigma consolidado que explique a extinção em nível continental (no caso América do Sul), por isso, neste capítulo, será tratado o panorama atual das hipóteses para extinção da megafauna no continente americano. Não se trata, portanto, de uma apresentação exaustiva de todos os pormenores de cada explicação possível, para esse fim há bons trabalhos (HAYNES, 2009; KOCH e BARNOSKY, 2006 e LORENZEN et al., 2011), mas sim de um quadro geral apresentando as explicações de maior relevância para o estudo da megafauna e sua relação com o homem pré-histórico.

Este capítulo irá fornecer os subsídios necessários para se compreender qual ou quais hipóteses são coerentes com o registro paleontológico e arqueológico do Pleistocênio final e Holoceno inicial no Nordeste do Brasil.

Algumas considerações devem ser feitas. Os diferentes estudos sobre o tema e as suas hipóteses resultantes atestam uma “dinâmica das extinções”, indicando que embora tenham ocorrido em todos os continentes, não foram homogêneas. Sendo melhor compreendidas numa escala regional, mas, com as devidas correlações com

eventos globais, como as mudanças climáticas por exemplo. Desde já alguns tópicos podem ser ressaltados:

- A extinções possuem Abrangência global;
- Não ocorreram ao mesmo tempo em todos os continentes;
- Não ocorreram da mesma forma em todos os continentes;
- Os gêneros diferentes apresentam respostas diferenciadas ao ambiente, conforme sua massa corporal.
- As interações entre os mega e/ou grandes mamíferos com o homem pré-histórico.
- As Hipóteses podem ser combinadas.

Cada hipótese apresentada é na verdade uma tentativa de se construir um modelo explicativo, um paradigma. E um paradigma uma vez estabelecido pode entrar em crise como bem salientou Tomas Kuhn (1962). Todavia, esta tarefa não é nada simples devido à diversidade de enfoques, que podem transitar do ecológico ao geoquímico, por exemplo. Também é uma tarefa árdua, pois os dados apresentados por um determinado pesquisador podem ser, e geralmente são questionados por outros. Para esta tese entende-se que o melhor caminho a ser seguido é o de primeiro: compreender o panorama hipotético para o continente americano e por fim, confrontar este com os dados extraídos de sítios paleontológicos e arqueológicos localizados no Nordeste do Brasil.

Alguns conceitos precisam ser apresentados. O conceito de extinção para este trabalho se refere: a um ou mais eventos com prováveis causas para o desaparecimento de diversos gêneros de mamíferos pleistocênicos na América. Podendo ser composto por um ou mais eventos, que podem ser abruptos ou provenientes de um longo processo concluído durante a transição Pleistoceno-Holoceno. Já o termo “megafauna” ou “megamamíferos” será atribuído aos gêneros de mamíferos pleistocênicos que apresentem massa corporal maior que 1.000 kg, já a designação de “grande fauna” ou “grande mamíferos” será atribuída aos gêneros com massa corporal superior a 44 kg e inferior a 1.000 kg (Cione et al., 2009).

Já o termo “fauna pleistocênica” será empregado sem a distinção em relação a massa corporal, sendo apenas uma referência cronológica. O termo “fauna” ou “mastofauna” abordado aqui será exclusivamente relativo a mamíferos, dada a sua abundância no registro fóssil no Nordeste brasileiro. Essas definições são relevantes

para se evitar problemas na interpretação dos dados. Segue abaixo a listagem de espécies conforme a massa corporal.

Tabela

Tabela 1 - Porte dos mamíferos pleistocênicos

<i>Cuvieronius humboldti</i>	<i>Antifer niemeyeri</i>
<i>Cuvieronius hyodon</i>	<i>Arctotherium bonariense</i>
<i>Doedicurus clavicaudatus</i>	<i>Arctotherium brasiliense</i>
<i>Eremotherium</i>	<i>Arctotherium tarijense</i>
<i>Eremotherium</i>	<i>Brasiliochoerus stenocephalus</i>
<i>Eremotherium</i>	<i>Equus (A. merhippus) andium</i>
<i>Eremotherium</i>	<i>Equus (A.) insulatus</i>
<i>Glossotherium (Oreomyiodon)</i>	<i>Equus (A.) lasallei wagneri</i>
<i>Glossotherium lettsomi</i>	<i>Equus (A.) neogeus</i>
<i>Glossotherium (Pseudolestodon)</i>	<i>Equus (A.) santa-elenae myloides</i>
<i>Glossotherium robustum</i>	<i>Eulamaops paralellus</i>
<i>Glossotherium tropicorum</i>	<i>Eutatus seguini</i>
<i>Glyptodon clavipes</i>	<i>Eutatus punctatus</i>
<i>Glyptodon perforatus</i>	<i>Glyptotherium sp.</i>
<i>Glyptodon reticulatus</i>	<i>Hippidion principale</i>
<i>Glyptotherium cf. cylindricum</i>	<i>Holmesina occidentalis</i>
<i>Hemiauchenia paradoxa</i>	<i>Holmesina paulacoutoi</i>
<i>Lestodon armatus</i>	<i>Hoplophorus euphractus</i>
<i>Lestodon trigonidens</i>	<i>Lama gracilis</i>
<i>Macrauchenia patachonica</i>	<i>Morenelaphus lujanensis</i>
<i>Megalonyx sp.</i>	<i>Mylodopsis ibseni</i>

<i>Megatherium americanum</i>	<i>Nechoerus aesopy</i>
<i>Megatherium medinae</i>	<i>Nechoerus sirasakae</i>
<i>Mixotoxodon larensis</i>	<i>Neosclerocalipptus paskoensis</i>
<i>Mylodon darwinii</i>	<i>Neuryurus n. sp.</i>
<i>Mylodon listai</i>	<i>Nothropus priscus</i>
<i>Neothoracophorus depressus</i>	<i>Nothrotherium roverei</i>
<i>Panochthus frenzelianus</i>	<i>Ocnopus gracilis</i>
<i>Panochthus morenoi</i>	<i>Ocnotherium giganteum</i>
<i>Panochthus tuberculatus</i>	<i>Onohippidion saldiasi</i>
<i>Plaxhaplous canaliculatus</i>	<i>Palaeolama niedae</i>
<i>Stegomastodon platensis</i>	<i>Palaeolama wedelli</i>
<i>Stegomastodon guayasensis</i>	<i>Pampatherium humboldti</i>
<i>Stegomastodon waring</i>	<i>Pampatherium typum</i>
<i>Toxodon buemeisteri</i>	<i>Paraceros fragilis</i>
<i>Toxodon platensis</i>	<i>Parapanochthus jaguaribensis</i>
<i>Xenorhinotherium bahiense</i>	<i>Propraopus grandis</i>
	<i>Propraopus humboldti</i>
	<i>Propraopus magnus</i>
	<i>Scelidodon cuvieri</i>
	<i>Scelidodon chiliensis</i>
	<i>Scelidodon reyesi</i>
	<i>Scelidootherium leptcephalum</i>
	<i>Smilodon populator</i>
	<i>Tapirus cristatellus</i>
	<i>Trigonodops lopesi</i>

Fonte: Adaptado de Cione et al. (2009)

Embora Haynes (2009) use com frequência o termo “teoria” ao se referir às possíveis causas para as extinções, aqui será utilizado o termo hipótese para às explicações sobre o desaparecimento destes animais, tendo em vista que ainda não há um conhecimento consolidado o suficiente para usarmos o conceito de teoria científica. Todas as explicações apresentadas serão consideradas *a priori* como explicações provisórias, até que um volume maior de pesquisas proporcione um conjunto de dados que corrobore uma ou mais hipóteses, levando-as a compor uma teoria científica.

O autor mencionado acima, ao organizar diversas publicações referentes à extinção da megafauna observou alguns grupos de teorias (hipóteses), ele as chamou de teorias (hipóteses) endógenas por serem explicadas por fatores interno a um determinado ecossistema e as teorias (hipóteses) exógenas, que são definidas por fatores externos ao ecossistema. Também percebeu que existem hipóteses unicasais e de múltiplas causas. Esses conceitos simples serão retomados mais adiante.

Os pesquisadores Koch & Barnosky (2006) apresentam um quadro de hipóteses para explicar as extinções do Quaternário tardio. Eles apresentam quatro categorias: hipóteses ambientais, impactos humanos que não a caça, hipóteses de Overkill e as hipóteses combinadas. Seu quadro é uma modificação de uma síntese apresentada por Burney & Flanery (2005), na qual havia três categorias: Hipóteses climáticas, hipóteses de Overkill e outras hipóteses. Em ambos há um grande peso para a dicotomia entre a mudança climática e a interferência do homem. Essa dualidade é o combustível que alimenta uma série de pesquisas e discussões como bem apresentou Haynes (2009). No entanto, estes quadros hipotéticos não são completos. Veremos que hipóteses como o Broken Zig Zag (Cione et al 2009) e as Respostas Específicas (Lorenzen et al., 2011) não foram consideradas, possivelmente por serem resultantes de pesquisas posteriores. Segue abaixo um quadro expositivo atualizado sobre as diversas hipóteses relativas a extinção, que pode ser entendido de modo mais detalhado através de Haynes (2009); Burney & Flanery (2005); Koch & Barnosky (2006), Cione et al. (2009) e Lorenzen et al. (2011).

Quadro 1 - Hipóteses para as extinções no Quaternário

Tipo ou nome	Descrição	Autores
Hipóteses ambientais		
Catástrofe	Mega seca, resfriamento rápido, impacto de um bólido	Firestone et al. (2001, 2005 e 2007)
Perda de habitat	Tipos de habitats preferidos perdidos ou muito fragmentados	Barnosky, (1986), Ficcarelliet al. (2003) e King & Saunders, (1984)
Mosaico-nutriente	Perda de flora com alta diversidade local	Guthrie, (1984)
Desequilíbrio co-evolucionário	Interrupção das interações co-evolutivas planta-animal devido ao rearranjo da flora.	Graham e Lundelius, (1984)
Instabilidade auto-organizada	Colapso do sistema devido a dinâmica intrínseca	Solé RV, (2002)
Impactos humanos (exceto a caça)		
Alterações do habitat	Perda e fragmentação do habitat viável devido ao impacto humano, incluindo os incêndios	Crooks, (2002)
Introdução de predadores	Predação direta por cães, gatos, ratos, porcos ou etc	Wroe et al. (2004)
Hiper-doença	Introdução de doenças virulentas	Ferigolo, (1996); Macphee e Marx (1997)
Overkill		
Blitzkrieg	Rápida perda de presas devido a caça excessiva	Martin (1967)
Overkill prolongado	Perda de presas após a interação prolongada com predador	Brook Bowman (2002)
Hipóteses combinadas		
Keystone megaherbívoros	Colapso do ecossistema devido à perda de alteração da paisagem dos megaherbívoros, possivelmente com aumento de incêndios	Miller GH (1999)
Prey-switching	Carnívoros não humanos mudam de presa por causa da predação humana	Alvard MS (1993)
Broken Zig Zag	alternância de baixa e alta biomassa de mamíferos juntamente com a interferência humana na américa do sul	Cione et al. (2009)
Respostas específicas	As mudanças na abundância da megafauna correspondem às respostas específicas com base na massa corporal	Lorenzen et al. (2011)

Fonte: O autor

3.1 A hipótese do *Overkill*

A hipótese do *Overkill* (matança generalizada ou “sobre matança”) pode se referir a diversas variantes de matança provocado pelo homem pré-histórico, e que teriam conduzido à extinção de muitos gêneros de mamíferos. Dependendo do autor e da versão adotada para o *Overkill*, ele pode ser de alta ou baixa intensidade, e ainda de rápido ou de gradativo impacto na população da megafauna (Martin, 1967).

A versão mais conhecida é denominada de *Blitzkrieg*, é mesmo nome da estratégia de “guerra relâmpago” utilizada pela Alemanha Nazista durante a Segunda Guerra Mundial. Definida como “súbita extinção seguinte a colonização inicial de uma massa de terra habitada por animais especialmente vulneráveis ao novo predador humano” (Martin 1984, p.357). A *Blitzkrieg* sugere uma ação rápida de efeito catastrófico produzida por uma caça de grande intensidade, que dizimou a maior parte dos gêneros de mamíferos de grande e de média porte. Segundo Carbonell et al. (2008), ante uma perspectiva global o modelo *Blitzkrieg* possui um sólido argumento, pois há a repetição de um padrão de extinções em massa coincidentes com a chegada do *Homo sapiens*, tal como ocorreu na Austrália, América, Cuba, Nova Zelândia, Madagascar, Chipre entre outras localidades.

Esta hipótese está fortemente fundamentada na teoria de colonização do continente americano posterior ao Último Máximo Glacial (UMG). Foi desenvolvida por Paul Martin (1967, 1973, 1984) e Martin e Steadman (1999). No decorrer da glaciação Wisconsin o nível dos oceanos baixou aproximadamente 120m criando uma gigantesca ponte, uma gigantesca massa de terra com mais de 1000 km no sentido Norte – Sul que ligou a Ásia à América. Esta massa chamada de Beríngia, permitiu a passagem de grupos de caçadores-coletores habituados ao rigoroso clima da Sibéria, provavelmente seguindo levas migratórias de herbívoros gregários (Lima, 2006). A Beríngia estava recoberta por um tipo de pasto que podia suportar manadas de grandes e megamamíferos o que pode ter encorajado a presença do homem pré-histórico. Segundo Fiedel, (1996) por volta 10.000 a.C (12.000 A.P) o clima da Beríngia ficou mais úmido produzindo mudanças na vegetação que por sua vez provocaram a extinção do pasto que alimentava a megafauna. Ainda segundo este autor, uma redução da megafauna disponível na Beríngia pode ter impulsionado a migração de grupos de caçadores para o novo continente.

Estes Grupos de humanos de caçadores-coletores vindos da Ásia pelo estreito de Bering em busca de novos recursos, após se instalaram ao sul da América do Norte se multiplicaram rapidamente e fizeram uso de uma determinada tecnologia, para a qual a megafauna não tinha defesa. Existem muitos dados arqueológicos que corroboram esta explicação, no entanto o *Overkill* não serve como uma hipótese para todo o continente americano, sendo coerente apenas quando aplicada estritamente à América do Norte. Segundo Martin (1973), os detentores das pontas do tipo Clovis foram os primeiros humanos a passarem pelo corredor livre de gelo até o interior da atual América do Norte e se deparam com manadas de megamamíferos que nunca tinham sofrido qualquer tipo de predação humana, e portanto, não desenvolveram nenhuma estratégia de sobrevivência à caça. Denomina-se este argumento de “ingenuidade da presa”, por ela não saber como reagir diante de uma nova ameaça.

Estas levas humanas pré-históricas desenvolveram uma tecnologia lítica de pontas de lança, as pontas Clóvis, e estratégias de organização social que lhes permitiram uma caça especializada de espécies de megamamíferos como o *Mammuthus columbi*. A cultura responsável por essa tecnologia leva o nome de Clóvis, proveniente da localidade onde um artefato deste tipo foi encontrada pela primeira vez, no sítio arqueológico Blackwater Draw, na localidade de Clóvis no Novo México (Lima, 2006).

As pontas Clovis apresentam forma lanceolada, são acanaladas e cuidadosamente lascadas (percutidas) nas duas faces, e possuem entre 10 a 15 cm de comprimento. Essa tecnologia lítica não estava presente na Sibéria antes da migração pré-histórica para a América, presume-se então que foram desenvolvidas especificamente para caçar megamamíferos. Há evidências da eficácia desses artefatos em diversos sítios arqueológicos na América do Norte, onde os mesmos são encontrados em associação direta com fósseis de megamamíferos pleistocênicos num contexto arqueológico de abate de mega presas. O formato da base destas pontas permitia o encaixe de uma haste de madeira ou de osso, formando assim uma lança. As laterais proximais das pontas eram menos afiadas para permitir a fixação da ponta à haste. Desse modo as tiras (possivelmente de couro), que amaravam estes artefatos não se rompiam com a fricção durante sua utilização, podiam suportar grande pressão, e sua haste poderia ser removida com facilidade após a ponta ficar encravada no corpo do animal (CARBONELL, 2008).

Figura 1 - Ponta de Lança Clovis



Fonte: <http://jonathanstephanoff.com/stories/clovis.html>

Outro aspecto importante sobre a cultura Clovis é a sua cronologia. Datada entre 12.000 a 11.000 anos AP é considerada por muitos a cultura que colonizou a América e concomitantemente dizimou a megafauna pleistocênica. Sabe-se, no entanto, que o povo Clovis não se alimentava exclusivamente de megafauna, no sítio Aubrey (EUA-Texas) vestígios líticos desta cultura foram encontrados associados com restos fósseis de bisões, cervos, preguiças, peixes, tartarugas e aves. Já em Lenher foram encontrados restos de 13 mamutes associados com cavalo, camelo e bisão. No sítio Colby, localizado no estado do Wyoming – EUA, foram encontrados fósseis bem preservados de mamute (CARBONELL, 2008).

O que caracteriza esta cultura não é a exclusividade na seleção de uma determinada presa, mas sim o desenvolvimento de uma tecnologia lítica indubitavelmente projetada para o abate de megamamíferos. Esses sítios são divididos em quatro tipos: os destinados ao aprovisionamento de matéria prima para o lascamento dos artefatos; os sítios relacionados com as atividades de caça; sítios de matança (*kill sites*) e os acampamentos base.

Figura 2 - Escavação do Sítio Colby



Fonte: <http://wyoshpo.state.wy.us/wyomingheritage/colbyMammothSite.html>

Após quatro séculos da chegada da cultura Clovis, surgiu uma nova tecnologia lítica. Por volta de 10.900 e 10.200 anos AP, o mamute já estava extinto e os descendentes da cultura Clóvis desenvolveram artefatos apropriados para a caça do bisão (FIEDEL, 1996; CARBONELL, 2008). Estes artefatos são chamados de pontas “Folsom” e são pontas menores que suas predecessoras Clovis, possuem a base côncava com as extremidades pontiagudas e acanelamento mais profundo que iam da base até a sua ponta. Em termos práticos, essa mudança tecnológica representou uma mudança na estratégia de subsistência. A tecnologia da caça, que até então foi direcionada à megafauna, migrou para o abate da grande fauna. Os caçadores Folsom conheciam bem o comportamento de suas presas, costumavam caçá-las perto dos locais onde costumavam beber água, encurralavam suas presas diante de armadilhas naturais e as atacavam com suas lanças, matando assim manadas inteiras de indivíduos ao mesmo tempo. As pontas Folsom são encontradas associadas estratigraficamente aos restos fósseis do Bisão.

Figura 3 - Pontas Folson



Fonte: <https://sites.google.com/site/webn>

Figura 4 - Associação estratigráfica entre pontas Folson e fósseis de bisão



Fonte: <https://sites.google.com/site/webn>

A tecnologia lítica encontrada nos sítios tipo Clovis e Folsom não é compatível com os líticos encontrados nos sítios arqueológicos do Nordeste do Brasil (Dias e Bueno, 2014; Guidon et al. 2009). Não há evidências de caça especializada no abate de mega ou de grandes mamíferos pleistocênicos para os sítios brasileiros. Também não há evidência de caça em larga escala (matando vários indivíduos de modo

simultâneo). Todavia, existem evidências de associação estratigráfica entre líticos diversos e fósseis, além de marcas de corte em ossos de *Hippidion* (BÉLO, 2013). Também há associação cronológica entre o homem pré-histórico e a grande fauna pleistocênica. Essas evidências serão tratadas em separado no capítulo 5.

Na lógica do Overkill (*Blitzkrieg*), os fatores determinantes para a extinção foram os seguintes: a chegada do homem ao continente americano por volta de 12.000 AP, o uso de uma tecnologia lítica especializada na caça de megamamíferos e no “fator surpresa” sobre esses animais, que não tiveram tempo suficiente para desenvolverem estratégias de sobrevivência frente a caça predatória. Alguns autores defendem que a extinção ocorreu de forma sincrônica no momento da chegada do homem ao continente americano (BURNAY e FLANNERY, 2005), já outros expõem diferentes cenários hipotéticos (KOCH e BARNOSKY, 2006; MELTZER, 2015), também há aqueles que defendem que o peso da contribuição humana variou de continente para continente e de espécie para espécie (LORENZEN et al., 2011).

Por mais simples e elegante que seja a hipótese da *Blitzkrieg*, os dados apontam para um cenário bem mais complexo, apresentando diversidade de panoramas para a extinção. Como salientou Haynes (2009), fora do continente americano, eventos de extinção ocorreram depois de vários milênios de contato entre humanos e megafauna, e geralmente (mas não sempre) em sincronia com mudanças ambientais.

A *Blitzkrieg* acerta quando leva em consideração a fator antrópico, todavia se esquece do peso que as mudanças ambientais têm sobre os ecossistemas e as sociedades humanas. A própria Beríngia só emergiu graças às mudanças ambientais que repercutiram sobre o nível dos oceanos. Desse modo, pode-se raciocinar que a causa primeira para a migração foi a mudança climática. Todavia a questão não se encerra aí, pois há sobreposição entre a presença humana e as alterações climáticas. Durante a sobreposição ocorre tanto os eventos de extinção, quanto a sobrevivência alguns gêneros. Sendo que os gêneros de maior massa corporal parecem ser mais susceptíveis a extinção, enquanto que os de menor massa corporal resistiram por mais tempo. Como no caso das renas escandinavas que sobreviveram até 9.200 anos A.P (HAYNES, 2009).

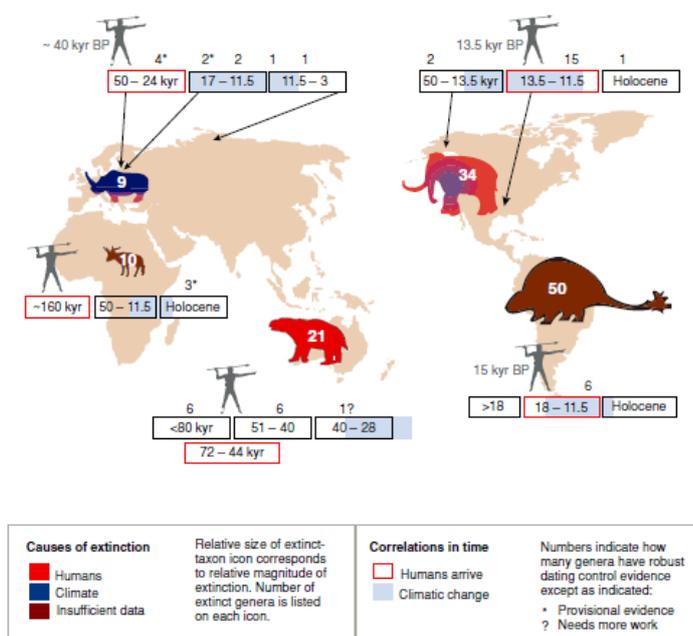
A hipótese do overkill, que a princípio foi elaborada para a América do Norte foi transportada também para outros locais, especialmente para aqueles onde o repentino aparecimento do homem pré-histórico parece ter provocado a extinção da

megafauna. Segundo Meltzer (2015) para se confirmar o overkill como a principal causa para o desaparecimento destes animais, faz-se necessário isolar um sinal humano em meio ao ruído das mudanças climáticas e ecológicas decorrentes da passagem do período glacial para o interglacial. Para ele há dois diferentes cenários possíveis para o *Overkill* na América do Norte.

O primeiro cenário hipotético descreve as extinções como abruptas e sincrônicas entre todos os taxa e coincidente com a chegada do populações da cultura Clovis. Num segundo cenário, as extinções não foram abruptas nem sincrônicas entre todos os taxa, apenas alguns gêneros coincidem cronologicamente com a chegada dos caçadores Clovis, no entanto, a extinção não teria sido causada por eles.

Já conforme os dados levantados por Koch e Barnosky (2006), em todo o continente americano há uma sobreposição cronológica entre as mudanças climáticas e a chegada do homem pré-histórico. Esta sobreposição não teria ocorrido nos outros continentes. Estas possibilidades aventadas por Meltzer (2015) e por Koch e Barnosky (2006) prenunciam novas possibilidades de interpretações alternativas a versão clássica do *Overkill*. Embora haja divergência entre alguns autores quanto a ocorrência de sobreposição temporal, esta tese irá se ater aos dados da América do Sul. Sabe-se que esta sobreposição é um consenso para a América do Norte e ao menos para boa parte da América do Sul.

Figura 5 - Causas da Extinção



Fonte: Koch e Barnosky (2006).

De fato, cada hipótese necessita ser comprovada com base nas evidências. No caso do *Overkill* e *Blitzkrieg* é de se esperar que exista um número considerável de sítios arqueológicos de matança contendo os diversos gêneros extintos, associados estratigraficamente com os artefatos daqueles que os dizimaram. Tais sítios existem, e em princípio constituem uma prova irrefutável de que populações pré-históricas coexistiram e caçaram esses animais. No entanto, os dados arqueológicos ainda são poucos se compararmos com as proporções de um evento de extinção. Mas, isto não invalida a hipótese do *Overkill*, pois a preservação dos sítios arqueológicos depende de processos pós-deposicionais e as assembleias fósseis de megamamíferos presentes nos sítios, não correspondem ao total de indivíduos que outrora estavam vivos.

Muitos críticos do *Overkill* pensam que o único fator humano potencialmente responsável pela extinção foi uma caça predatória rápida, a *Blitzkrieg*, desse modo raciocinam que esta hipótese é incoerente com os dados. Todavia, existem outras formas de *Overkill*, que podem ter impactado os ecossistemas de diferentes modos (HAYNES, 2009; Koch e Barnosky, 2006).

Haynes (2009) menciona a existência de “teorias” (hipóteses) nas quais o ser humano foi o responsável pela extinção, mas a caça não foi o fator principal. Essas hipóteses não se enquadram na definição de *Blitzkrieg* ou *Sitzkrieg*. Essas hipóteses são denominadas de “variantes”, nelas os seres humanos são os responsáveis pela extinção, mas a caça não é o processo destrutivo principal. As extinções seriam em parte o resultado direto e indireto da presença humana. A chegada de populações pré-históricas teria provocado impactos diversos como: concorrência ou predação por animais introduzidos pelo homem (cães e ratos); destruição do habitat; introdução de doenças.

Segundo Burney e Flanery (2005) o colapso da megafauna se relaciona com a chegada do homem em todos os lugares do mundo. Já para Steadman et al. (2002) a extinção é resultante em parte por consequências diretas e indiretas da presença humana no novo mundo. Este dado embora não corrobore a versão clássica do *Overkill*, abre um precedente para que a presença do homem seja considerada como fator determinante para extinções ao invés da caça propriamente dita. Este autor também amplia a possibilidade de evidências que podem fornecer mais dados sobre a interferência do homem no ambiente. Muitos autores advogam um modelo misto entre o primeiro contato homem-fauna e as mudanças no clima, o que parece ser uma

tendência na biografia sobre o tema. Por fim, o aspecto mais relevante sobre o *Overkill* não é a sua comprovação, tal como proposto por Martin, mas sim os debates e as novas pesquisas que suscitou.

3.2 Doenças

A chegada do homem ao continente americano resultou em diferentes tipos de impactos como a alteração do habitat, introdução de predadores, roedores e as doenças. Esta última é tida por alguns como o agente responsável pela extinção em massa. As doenças podem ser consideradas como um outro tipo de impacto humano, que não seja a caça. Já outra linha hipotética atribui o desaparecimento da fauna pleistocênica à migração de espécies entre a América do Norte e do Sul.

Segundo Ferigolo (1996), os patógenos são o mais importante aspecto da ecologia, o principal fator controlador da população de mamíferos, incluindo efeitos catastróficos. Durante o *Great American Biotic Interchange*, populações de mamíferos provenientes da América do Norte introduziram patógenos, para os quais os mamíferos da América do Sul não tinham desenvolvido imunidade. Ele também incluiu fatores que denominou de adicionais, como as mudanças climáticas e a presença humana. Para este último fator, foi proposto que os assentamentos humanos funcionam como um centro de dispersão de patógenos, devido ao acúmulo de lixo, a presença de animais sinantrópicos, domesticados e caçados. Segundo seu raciocínio a megafauna que teve contato com o homem foi afetada pelos patógenos oriundos dos mamíferos sinantrópicos, domesticados e caçados (FERIGOLO 1993, 1999).

A proposta de Ferigolo faz muito sentido se pensarmos em grandes assentamentos humanos, com grandes depósitos de lixo e a presença da domesticação. No entanto, tal cenário não é condizente com os primeiros assentamentos pré-históricos na América do Sul. Que, via de regra, eram constituídos por acampamentos temporários com baixa densidade demográfica (Dias e Bueno, 2014). A presença de animais sinantrópicos era inevitável, mas não há dados para a pré-história sulamericana que evidenciem uma grande quantidade de mamíferos sinantrópicos portadores de patógenos. Outro problema é que nenhum animal foi domesticado durante o Pleistoceno e a caça, ao menos na América do Sul não proporcionou o contato com uma grande quantidade de animais por vez. Sendo assim, é difícil corroborar esta hipótese. Por outro lado, a presença de patógenos poderia ser

considerada como um entre muitos fatores que poderiam ter agido de modo combinado, mas dificilmente seria a causa principal para a extinção.

Já a hipótese denominada de *Hyperdisease* foi proposta pelo paleontólogo Ross MacPhee e pelo virologista Preston, para eles as extinções foram causada pela introdução de doenças hipervirulentas e hiperletais que eles chamam de "hyperdiseases", por seres humanos ou cães domésticos para populações de animais, "ingênuos", no sentido de não ter nenhuma imunidade a esses patógenos, porque eles não tiveram contato prévio com os humanos. Segundo eles, a *hyperdisease* ocorre a partir do primeiro contato e deixa poucos vestígios arqueológicos (MACPHEE e MARX, 1997).

Esta hipótese apresenta sérias dificuldades para ser testada, devido a natureza dos vestígios. Ainda que sejam encontrados vestígios com matéria orgânica, da qual se possa extrair evidência de qualquer vírus ou bactéria, como seria possível demonstrar que todos os indivíduos de uma assembleia teriam morrido pelo mesmo motivo? Também não são conhecidas doenças, nos dias atuais que sejam capazes de produzir extinções em massa. Outro ponto importante, como salientou Koch e Barnosky (2006) para provocar uma extinção, estas doenças precisariam de uma "espécie reservatório" que seria imune as doenças.

3.3 Mudanças Climáticas

A hipótese das mudanças climáticas é defendida de forma contextualizada. Os autores não defendem a ideia de que a megafauna desapareceu simplesmente porque a clima mudou, mas, as alterações climáticas conduziram às modificações nos ecossistemas, nos habitats, na disponibilidade de alimentos e até mesmo na massa corporal dos indivíduos.

Podem ser destacadas aquelas hipóteses que estão associadas às questões ecológicas, tais como as abaixo relacionadas:

- Perda de Habitat: devido à mudança no clima, as áreas com condições para sustentar a megafauna desapareceram ou foram reduzidas para suportarem populações de megamamíferos (Barnosky 1986, Ficarelli et al., 2003, King e Saunders, 1984).
- Mosaico de Nutrientes: as mudanças climáticas seriam responsáveis pela redução da estação de crescimento e a diversidade da flora local afetando diretamente os herbívoros (Guthrie, 1984).

- Desequilíbrio Coevolucionário: Esta hipótese postula que a fauna coevoluiu com a disponibilidade de pastagens, uma rápida transição glacial-interglacial interrompeu este processo de coevolução (Graham e Lundelius, 1984).
- Instabilidade Auto-organizada: Argumenta que os resultados da extinção são provenientes de uma leve perturbação que foi amplificada em uma catástrofe pela própria dinâmica dos ecossistemas complexos, formados por subunidades que interagem (Foster, 2004).

Segundo Gathrie (2003, 2006), a redução de massa corporal do Alaska *Equus* foi o resultado da mudança no Pólen que ocorreu entre 13.000 e 12.500 anos AP exatamente quando os cavalos desapareceram e um pouco antes da chegada do homem. Já Kiltie (1984) sugeriu que o aumento do calor atmosférico durante o último intervalo glacial e a transição para o mais recente Período interglacial teve o efeito deletério de entrar gestação, reduzindo, assim, as taxas de reprodução de populações da megafauna o que levou as extinções. Para Graham (2001, 2003), os ecossistemas eram progressivamente estressados e finalmente teria desmoronado na transição final. A cada reversão do clima os animais de grande porte tinham a suas áreas de ocorrência fragmentadas, depois as espécies se estabilizavam, mas durante o *Younger Dryas* (12.900 – 11.500) ocorreu a redução das populações até a extinção.

3.4 Impacto de um Bólide

Esta hipótese foi desenvolvida por Firestone et al. (2001, 2005 2007). Segundo ele, um meteoro de 10 km de diâmetro teria colidido com a América do Norte há 12.900 anos. O autor encontrou partículas magnéticas e micrometeoritos em sedimentos de sítios arqueológicos da cultura Clovis. O ponto de impacto não foi identificado. Trata-se de uma hipótese difícil de ser testada. Primeiramente, a idade dos sítios Clovis não poderia coincidir com a queda do meteoro, porque se assim fosse, a cultura Clovis teria sido exterminada, nem sequer existiriam sítios. Então, porque o meteoro exterminou apenas a megafauna? Deixando o homem pré-histórico vivo juntamente com gêneros da grande fauna como o bisão, por exemplo. Esta é uma hipótese de causa única, que não leva em consideração as mudanças climáticas globais, as migrações antrópicas e as alterações ecológicas subsequentes. Também seria

incapaz de explicar as mudanças na América do Sul, tendo em vista que o provável local de impacto está localizado na América do Norte.

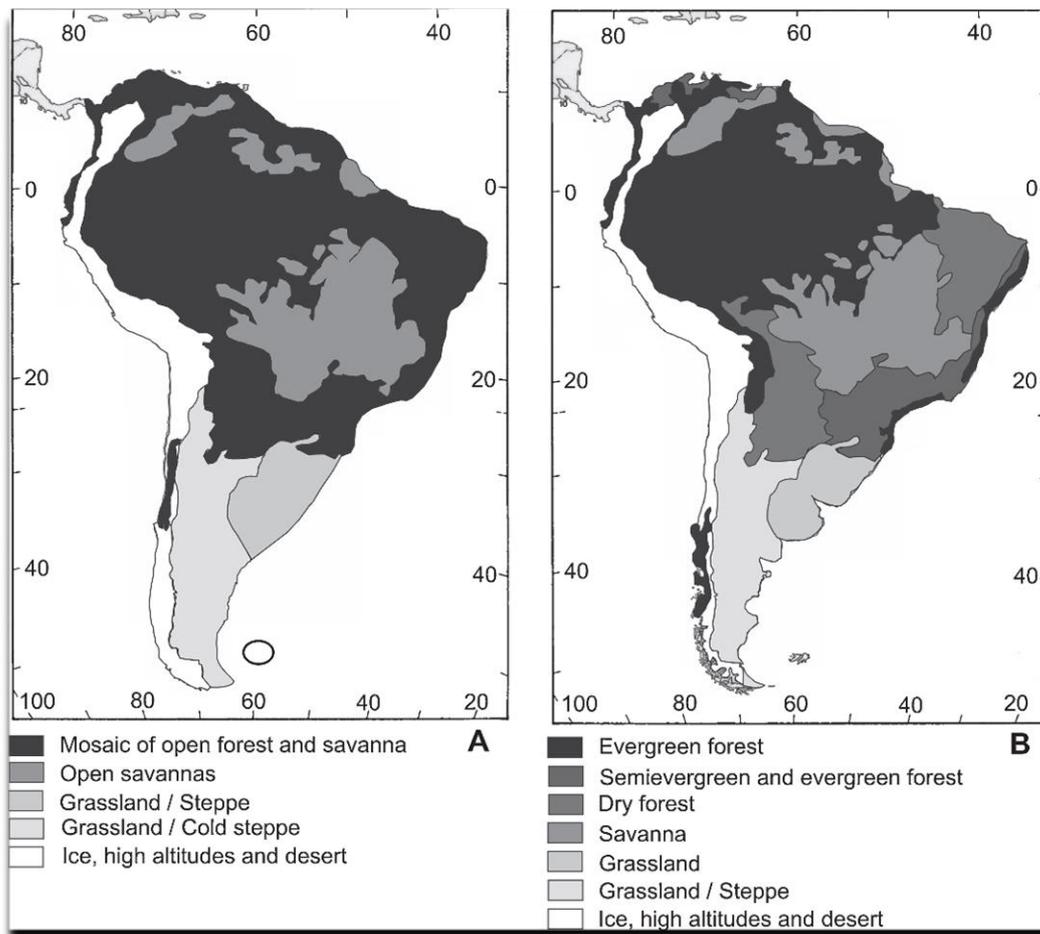
3.5 Hipótese do *Broken Zig-Zag*

Esta hipótese é focada na América do Sul, correlaciona às mudanças climáticas com a chegada do homem. Também leva em consideração a distribuição da vegetação no decorrer das oscilações climáticas e a cronologia da extinção. Foi proposta por Cione et al. (2009). Segundo eles o clima seco e frio do Pleistoceno Médio e Tardio causou o predomínio de áreas abertas na América do Sul. Quase todos os megamamíferos e grandes mamíferos eram adaptados a este tipo de ambiente. O período relativamente curto de aumento da temperatura e umidade levou redução de áreas abertas e a extrema redução da biomassa (não da diversidade de espécies). Durante os períodos glaciais mais longos as populações de mamíferos se recuperavam. Esta alternância de baixa e alta biomassa de mamíferos é o que foi chamado de zigzague (*Zig Zag*).

Atualmente na América do Sul, 18% do continente correspondem as áreas abertas, enquanto que áreas vegetadas médias compreendem 15% e as áreas fechadas chegam a 67% (Cione et al., 2003). Em contraste, durante o UMG na América do Sul, as áreas abertas teriam abrangido 31%, as médias 54% e as fechadas apenas 15%. Ou seja, a mudança climática após o UMG resultou numa inversão de áreas vegetacionais abertas para áreas fechadas (Cione et al., 2003).

Estes dados, no que dizem respeito à alternância entre áreas abertas e fechadas, são corroborados por estudos paleoambientais. Segundo Pessenda et al. (2010) baseando-se no estudo de isótopos de carbono e na datação do carvão por carbono 14, há 18.000, 11.800 e 10.000 anos A.P houve o predomínio de floresta e clima úmido no Nordeste do Brasil. Em outras palavras, nesta região, durante o UMG (18.000 anos AP) o clima foi mais húmido e não seco como se pensava. Este estudo concluiu que havia para o Nordeste do Brasil três fases vegetacionais distintas: a primeira correspondendo a uma fase de floresta entre 18.000 a 10.000, a segunda entre 10.000 a 3.200 A.P referente a expansão do cerrado lenhoso e por fim após 3.200 uma expansão florestal.

Figura 6 - (A) Cenário ambiental do Pleistoceno Superior; (B) cenário ambiental do interglacial



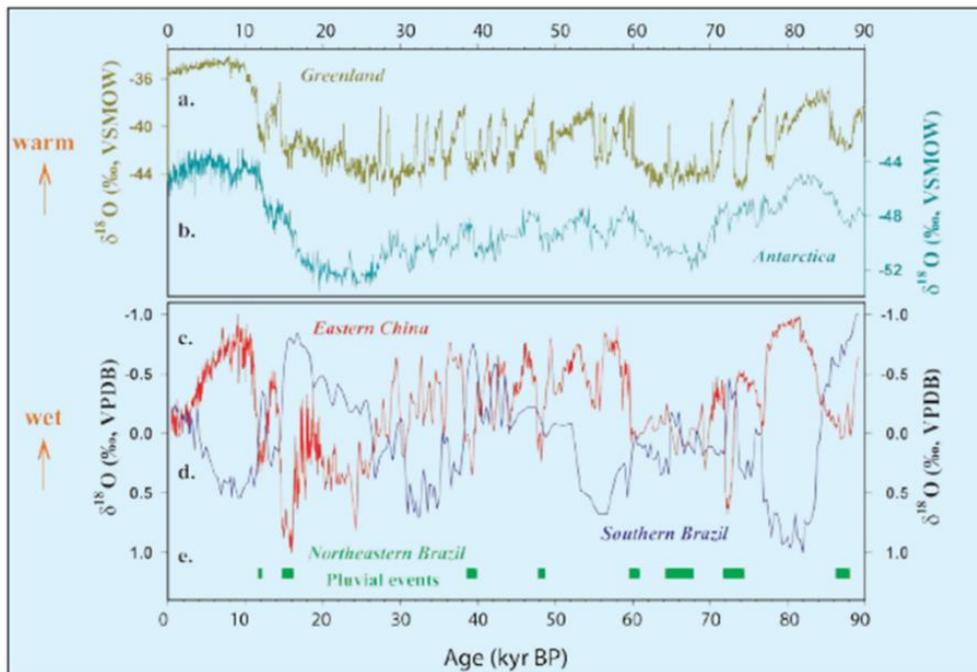
Fonte: Cione et al. (2003, 2009)

Segundo os proponentes do *Broken Zig Zag*, as mudanças ambientais cíclicas por si só não poderiam causar a extinção em massa, pois, a distribuição e a biomassa da flora e fauna têm oscilado fortemente no decorrer do tempo. Durante o Pleistoceno Médio e Final não foram identificadas importantes extinções até o fim do Pleistoceno e o início do Holoceno. Os estudos baseados em proxies geoquímicas na Groelândia, Antártica, e na América do Sul atestam que o presente interglaciário não é substancialmente diferente dos anteriores. A chegada dos seres humanos na América do Sul foi o único novo evento no âmbito biológico ou geológico que ocorreu no presente interglacial.

Conforme salientou o autor, esta hipótese é suportada pela evolução climática no continente, pela história vegetacional, pela cronologia das extinções e pela distribuição paleobiogeográfica de megamamíferos pleistocênicos. Um fenômeno

interessante foi observado por Carbonell, quando aborda as extinções na América “a ciclicidade glacial interglacial de latitudes altas se reflete em uma ciclicidade pluvial e interpluvial nos trópicos” (Carbonell, 2008, p.623).

Figura 7 - Oscilações Pluviométricas



Fonte: Wang (2008)

Dados pluviométricos podem ser analisados a partir de espeleotemas. Estes estudos vêm demonstrando que no Brasil e em outras regiões do globo houve um intenso período de chuvas durante o UMG. Wang et al. (2008) com base na análise de espeleotemas reconstruiu a sequência de períodos chuvosos no Nordeste brasileiro para os últimos 210.000 anos A.P. O estudo foi realizado a partir de espeleotemas de calcita extraídos da Toca da Boa Vista, da Lapa dos Brejões e Toca da Barriguda no estado da Bahia.

Os resultados apresentados fornecem dados muito promissores para o estudo das extinções pleistocênicas no Nordeste do Brasil. Uma das fases glaciais e pluviométricas indicadas corresponde a aproximadamente 15.000 anos AP. As fases de crescimento dos espeleotemas do Nordeste brasileiro representam numa escala milenar, curtos períodos pluviais durante o último período glacial. Quando comparado com os registros contemporâneos do hemisfério norte, estes períodos úmidos são

síncronos com períodos de fracas monções de verão do leste asiático e com os eventos frios na Groelândia (WANG et al., 2008).

Cruz et al. (2009) com base no estudo de isótopos de oxigênio em espeleotemas (Caverna Botuverá e Santana) conseguiu inferir uma relação entre eventos climáticos globais e o aumento da precipitação no Nordeste do Brasil. Os impactos das mudanças climáticas globais ficaram registradas nos valores negativos de $\delta^{18}\text{O}$ e nas anomalias de Mg/Ca e Sr/Ca para o período entre 70.000 e 17.000 anos A.P, sobretudo durante o UMG. O clima mais úmido condiciona diretamente o tipo de cobertura vegetal predominante para o período (PESSENDA et al., 2010).

3.6 Hipótese das respostas específicas

O estudo conduzido por Lorenzen et al. (2011), através de análise de DNA antigo, dos modelos de distribuição de espécies e do registro fóssil humano, propõe que cada espécie reagiu de modo diferente às mudanças climáticas e a chegada do homem. Seu estudo é focado na América do Norte e Eurásia, sendo bastante relevante para contrastar com hipóteses unicasais para a extinção da megafauna. Os dados compreendem um intervalo de tempo dos últimos 50.000 anos A.P Elucidando as reações da rena, do mamute, do rinoceronte lanudo entre outras espécies às interferências climáticas e antrópicas.

Lorenzen et al. (2011) concluíram que nem os efeitos do clima, nem a ocupação humana sozinhos poderiam explicar as extinções da megafauna do Quaternário Tardio. Em vez disso, defendem que mudanças na abundância da megafauna são idiossincráticas, com cada espécie (e até mesmo populações continentais dentro das espécies) respondendo de forma diferente aos efeitos das alterações climáticas, redistribuição de habitat e a chegada de populações pré-históricas. Finalmente, concluíram que as populações de renas permanecem relativamente pouco afetadas por qualquer um desses fatores em uma escala global, mudanças climáticas sozinhas podem explicar a extinção de boi almiscarado na Eurásia e do rinoceronte-lanudo, e uma combinação de clima e efeitos antropogênicos parece ser responsável pela morte do cavalo selvagem e Bisões. Todavia, as causas da extinção do mamute lanoso permanecem ainda desconhecidas.

4 POVOAMENTO PRÉ-HISTÓRICO NA AMÉRICA DO SUL

4.1 Introdução

No quaternário há uma interação dinâmica entre o homem e o meio ambiente que ele ocupa e altera, ainda que parcialmente. Vestígios desta relação homem-ambiente podem ser encontrados em sítios arqueológicos na forma das evidências de suas diversas atividades relacionadas à subsistência, como a caça, a presença de estruturas de acampamentos ou aldeias, restos de fogueiras e na elaboração de artefatos, que por si só se constitui numa modificação física e ou química de componentes da natureza. A arqueologia é a ciência que tem estes vestígios como objeto de estudo. Seu caráter interdisciplinar permite construir pontes entre diversas ciências exatas e naturais com o intuito de refinar os métodos de análise e ampliar sua atuação do ponto de vista teórico e metodológico, visando à construção de modelos paleoambientais, onde o fator antrópico esteja claramente inserido.

Os métodos e as técnicas aplicados aos estudos destes eventos climáticos do Quaternário permitem fornecer subsídios interdisciplinares com vistas a reconstrução paleoambiental. Estes estudos compreendem as rotas migratórias e o povoamento do continente; a cronologia de ocupações pré-históricas; a distribuição geográfica dos eventos de extinção da fauna bem como a sua cronologia.

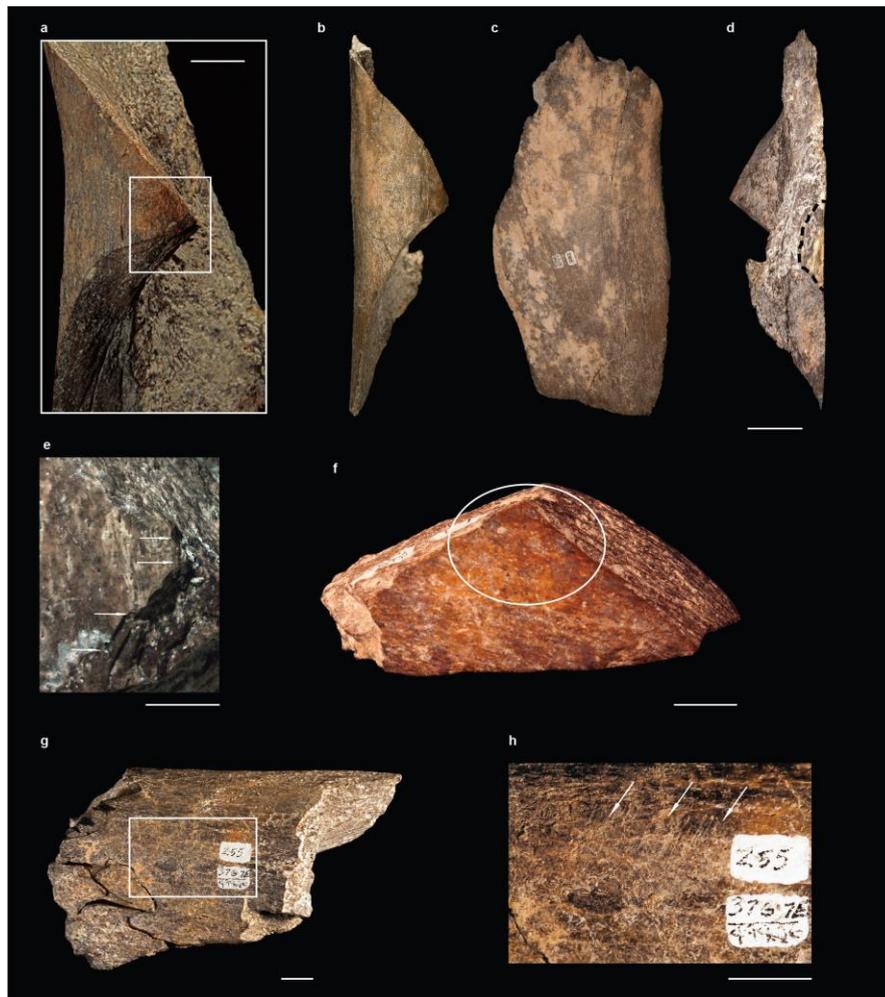
O continente americano foi a última região do globo a ser povoada, tornando-se num ponto de convergência para diversas rotas migratórias tanto na América do Norte quanto para as Américas Central e do Sul. Sabe-se que desde o momento da travessia do Estreito de Bering, houve interação entre o homem e a fauna pleistocênica, estando bem documentada nos sítios da Cultura Clovis (12.000 anos AP) e Folsom, que proporcionam evidências para suportar as hipóteses do Overkill e suas variantes, conforme foi abordado em mais detalhes no capítulo 3.

4.2. Evidências mais antigas do povoamento americano

Num recente estudo conduzido por Holen et al. (2017) com o impressionante título: “*A 130,000-year-old archaeological site in Southern California, USA*” (Um antigo sítio arqueológico de 130 mil anos no sul da Califórnia, EUA); apresenta dados

consistentes para uma ocupação mais antiga do continente Americano. O sítio, denominado Cerutti *Mastodon* (CM), apresenta em associação espacial e temporal restos de um *Mammot americanum* e artefatos líticos, bem como fósseis com padrão de fratura em espiral, indicativo que o mesmo possuía alguma elasticidade e, portanto, encontrava-se fresco (não fossilizado) no momento da quebra. Também foram encontrados pontos de percussão nos ossos e marcas de uso nos artefatos líticos. O mais interessante, além da datação de $130,7 \pm 9,4$ anos A.P é que o estudo apresenta evidências de uma interação homem-fauna. Se os seus dados não forem refutados, proporcionarão uma mudança de paradigma no que concerne a cronologia da chegada do homem à América. Os autores basearam os seus estudos em quatro critérios: primeiro – consideraram que a evidência arqueológica se encontra num contexto estratigráfico definido e sem perturbações; segundo – que a idade do sítio foi determinada por método confiável (séries de Urânio e Tório); terceiro – que as múltiplas linhas de estudo interdisciplinares forneceram resultados consistente e quarto – que registram a presença de artefatos em contexto primário. Os autores concluíram que o sítio Cerutti *Mastodon* é uma inequívoca evidência (arqueologicamente contextualizada) de que o gênero *Homo* já estava na América em uma idade mais antiga do que apontavam os estudos prévios. As evidências encontradas *in situ* são condizentes com a extração de medula óssea para o consumo, no entanto, os dados tafonômicos não apontam para a prática do descarte do animal, denominada de *butchery*.

Figura 49 - Padrões de fraturas que indicam atividade antrópica em ossos frescos.



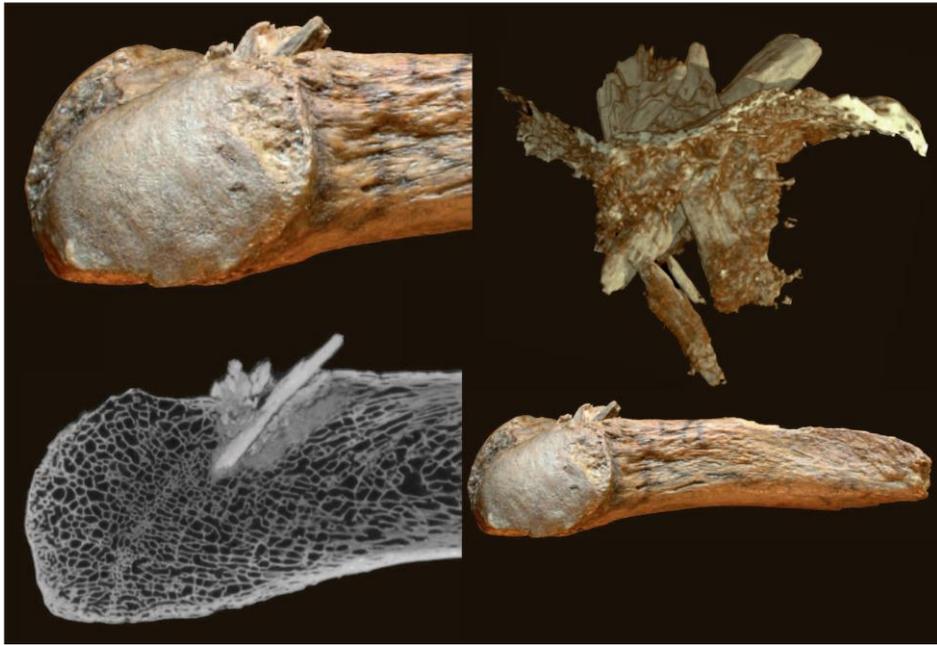
Fonte: Holen et al. (2017).

Os padrões tafonômicos apresentados na figura 7 acima são condizentes com uma associação cultural entre o homem e a fauna extinta, algo que só é possível quando há sólidas evidências de que o homem interagiu com a fauna de algum modo. Neste caso, a interação ocorreu com o objetivo de garantir a subsistência humana através da extração da medula dos ossos destes animais, uma fonte rica em nutrientes, que é indispensável, sobretudo, em regiões mais frias. As fraturas em espiral (indicativas de que os ossos estavam frescos) juntamente com a marca produzidas quando os ossos são utilizados como uma bigorna ou suporte para apoiar outros ossos que serão golpeados, e ainda as marcas com pontos de impacto, são excelentes indicadores tafonômicos. Todavia, como bem salientaram os autores não foram encontrados sinais de descarte no local.

Por ser bastante recente, o trabalho de Holen et al. (2017) poderá ser questionado por outros pesquisadores, sobretudo no que diz respeito a sua idade. No entanto, o Cerutti *Mastodon* é até o presente momento, o sítio mais antigo da América do Norte e possivelmente o sítio mais antigo, com sinais de interação homem-fauna de todo o continente americano. Veremos também que idades muito antigas foram encontradas também na América do Sul. Todos estes sítios, muito antigos, que ultrapassam os limites cronológicos da cultura denominada “Clovis”, são classificados como sítios Pré-Clovis. Sua existência obriga a uma revisão no modelo de povoamento conhecido como “*Clovis First*” que considera os caçadores especializados no abate de megamamíferos como os primeiros a adentrarem no continente americano, através da Beríngia há aproximadamente 12.000 anos AP (Lima, 2006).

No que concerne as mais antigas ferramentas utilizadas, foram encontrados, nos pântanos às margens do Rio Old Crown, ossos de animais que foram trabalhados pelo homem (Fiedel, 1996). Estas evidências têm levado alguns arqueólogos como Dennis Stanford e Richard Morland a indicar que grupos Pré-Clovis tenham utilizado artefatos ósseos em larga escala, ao invés de líticos. Uma pesquisa conduzida por Waters et al. (2011) corrobora esta hipótese. No sítio arqueológico Manis, localizado no estado de Washington – EUA, entre os anos de 1977 e 1979 foram encontrados restos fossilizados de mastodonte (*Mammuth americanum*), onde registrou-se ossos com fraturas em espiral, lascas de ossos e ossos com marcas de corte. Foi encontrado ainda um fragmento ósseo encravado numa costela do mastodonte. Este fragmento foi interpretado como uma ponta de projétil inserida na costela do animal. A confirmação só veio 35 anos após a descoberta (Waters et al., 2011). Foram datadas 13 amostras de colágeno por ^{14}C pelo método AMS (Accelerator Mass Spectrometry, mais preciso que o método convencional), os resultados provenientes das amostras de colágeno do mastodonte indicaram datações de até 13.800 anos AP, ou seja, anterior a Cultura Clovis. Uma tomografia computadorizada mostrou que o fragmento ósseo inserido na costela do proboscídeo era denso e conseguiu perfurar 2,5 cm do osso. Para que este fragmento ósseo conseguisse penetrar no osso do animal, teria que ter transpassado uma camada de pelo, pele e músculos axiais com aproximadamente 25 a 30 cm de espessura, que implica que o fragmento ósseo encravado na costela do mastodonte era na verdade uma ponta de projétil que tinha entre 27 a 32 cm de comprimento.

Figura 8 - Ponta de projétil de osso encravada em costela de mastodonte



Fonte: Waters et al. (2011)

O estudo de Waters et al. (2011) levanta questões relevantes para a compreensão do povoamento inicial da América, bem como em relação a uma possível participação humana no processo de extinção da megafauna. Para aqueles autores já havia pressões de caça antes da cultura Clovis. Eles também apontaram outros sítios Pré-Clovis, a saber: Schaefer (14.000 anos AP); Hebior (14.800 anos AP) localizados no estado de Wisconsin – EUA, nestes sítios foram encontrados artefatos líticos, mas sem pontas de projétil. Os artefatos estavam associados a restos de mamute (*Mammuthus primigenius*). Já no sítio arqueológico Ayer Pond (13.800 anos AP), nas ilhas Orca (Washington - EUA), os artefatos estão ausentes, mas há sinais de descarte. Para aqueles autores isto implica que grupos Pré-Clovis utilizaram pontas de osso bem elaboradas em conjunto com líticos mais toscos. Eles mencionam que estudos em fungos em coprólitos de megamamíferos indicam que a megafauna colapsou entre 14,8 e 13,7 ka, desse modo, o impacto dos caçadores da megafauna norte americana foi mais prolongado do que pensava, segundo eles não ocorreu um “Clovis *Blitzkrieg*”, ou seja, não houve uma matança rápida de megamamíferos durante a período Clovis. Aqueles autores concluíram que as pontas feitas de osso eram duráveis e letais e continuaram a ser utilizada durante e depois da era Clovis.

Eles levantaram a hipótese de que uma nova invenção há 13.000 anos AP, a ponta Clovis, pode ter acelerado o desaparecimento da megafauna ou condenado à extinção suas últimas espécies.

Os resultados do estudo mencionado acima, caso venham a ser corroborados por outras pesquisas, podem ser utilizados para invalidar o argumento de uma extinção pela caça, tendo em vista que estes animais poderiam estar sendo abatidos com milênios de antecedência (numa era Pré-Clovis), mas sem resultar numa extinção. Outra alternativa é que novos estudos corroborem as conclusões de Waters et al. (2011), no sentido de que pressões de uma caça Pré-Clovis utilizando pontas de osso associadas a uma posterior caça Clovis, com pontas líticas, resultaram na extinção destes animais.

Já que se refere as rotas de vias migratórias, o debate acadêmico esteve dividido por muito anos entre dois grupos, tendo de um lado os defensores de uma migração via Estreito de Bering e do outro os que advogam uma migração num período anterior (pré-clovis). Para os defensores do modelo "*Clovis First*", grupos compostos de caçadores-coletores especializados na caça de megamamíferos (*Mammuthus americanum* e *Mammuthus columbi*), seriam os responsáveis pela migração inicial e pela dispersão geográfica, cultural, biológica e tecnológica em todo o continente americano. Sua dispersão teria percorrido um corredor livre de gelo no interior da América do Norte, que posteriormente seguiu pela América Central e do Sul (CARBONELL, 2008; LIMA, 2006 e FIEDEL, 1996).

A Cultura Clovis é definida por um tipo específico de artefato lítico, uma ponta de projétil acanalada, finamente lascada em ambas as faces, conhecida como ponta clovis. Este artefato foi concebido especificamente para o abate de megamamíferos que habitavam a América do Norte. Até onde se sabe este tipo de ponta foi desenvolvida já no continente americano. Como mencionado anteriormente, este tipo de artefato foi encontrado primeiramente no sítio arqueológico Black-Water-Draw, próximo a Clovis, novo México, de onde vem o seu nome. Os artefatos foram encontrados associados aos restos fossilizados de um mamute (Lima, 2006).

Já para os defensores de uma colonização Pré-Clovis, podem ter existido uma ou mais rotas de entrada e de dispersão no continente americano. Com datações que variam entre poucos milhares de anos antes da chegada de populações da cultura Clovis (sítio Meadowcroft Rockshelter - EUA com 19.100 A.P) até mesmo os impressionantes 130.000 anos A.P do já citado sítio Cerutti *Mastodon* (HOLEN et al.,

2017; CARBONELL, 2008). A questão mais relevante para esta Tese, não é a cronologia mais antiga dos sítios Pré-Clovis em oposição aos sítios Clovis, mas sim, a diferença na estratégia de subsistência possivelmente adotada por estes grupos distintos e o impacto que poderiam infligir sobre as populações de megamamíferos. De um lado, entre os defensores do *Clovis First*, a hipótese do *Over Kill* foi adotada para extinção da megafauna (que foi discutida em mais detalhes no capítulo anterior), e do outro um modelo de ocupação com estratégia mais generalista, que não suporta um modelo de extinção causada pela caça em larga escala.

Para esta Tese, entende-se que uma quantidade maior de rotas de chegada, bem como de rotas de dispersão pré-histórica é mais plausível para se entender o registro arqueológico e paleontológico do Pleistoceno no Nordeste do Brasil. Não se refutou nesta pesquisa a importância dos sítios da Cultura Clovis, mas se aceita as evidências dos sítios Pré-Clovis, em especial, daqueles que fornecem evidências da interação homem-fauna. As estratégias de subsistência mais generalista associada a uma tecnologia lítica também mais generalista, além de uma baixa densidade populacional, proporciona um cenário mais plausível para a América do Sul, enquanto que uma combinação de caça especializada para (Cultura Clovis) e estratégia generalista (Pré-Clovis) é o cenário fidedigno para a porção norte do continente.

Apesar de haver certo consenso em relação à colonização da América do Norte via Beríngia, existem rotas alternativas que podem ter cruzado o interior da América do Norte através de um corredor livre de gelo ou margeando a costa oeste, fazendo da chegada do homem um processo mais complexo do que uma ocupação progressiva e linear.

O modelo *Clovis-First* já foi hegemônico, ao longo do século XX e até mesmo nos primeiros anos do século XXI, sítios com antiguidade anterior a ocupação Clovis não eram aceitos, ainda que as evidências fossem encontradas na América do Norte. Era difícil se admitir uma colonização anterior ou por outras vias. Os resultados de novas pesquisas interdisciplinares (genética, paleontologia e arqueologia), deixou o paradigma obsoleto no que concerne à primazia destes povos que adentraram no que hoje é o território norte-americano por volta de 12.000 A.P a 13.000 A.P. Admite-se que eles não foram os primeiros, e tão pouco se pode sustentar uma única rota de povoamento. Com base no que se sabe atualmente sobre a arqueologia americana é impossível que um único grupo, através de uma única rota tenha colonizado todo o continente. Nem mesmo na América do Norte havia uma única rota.

Vários estudos questionaram este modelo. Na América do Norte o ponto de discordância era a existência de restos e artefatos com uma cronologia muitas vezes de apenas uns poucos milhares de anos mais antiga do que a cultura Clovis, com exceção do recente estudo de Holen et al. (2017). Já para a **América do Sul**, a discórdia estava atrelada a grande antiguidade de sítios com dezenas (Boqueirão da Pedra Furada) e até centenas de milhares de anos (Toca da Esperança). Sabe-se que muitos sítios bem escavados e bem datados em todo o continente sugerem uma ocupação de poucos milhares de anos antes da Cultura Clovis (Beltrão, 1986).

Erlandson (2014) defende que o paradigma *Clovis-First* entrou em colapso, e defende que dados genéticos robustos indicam uma rota de ocupação via pacífico com uma cronologia entre 18.000 e 14.000 anos AP. Aquele autor atribui a escassez de sítio Pré-Clovis ao avanço do mar pós-glacial (em cerca de 100m) e a consequente inundação de áreas continentais. O autor também propõe uma hipotética ligação entre pontas líticas encontradas no Japão a as encontradas na costa do Oceano Pacífico na América do Norte.

Como bem sintetizou Carbonnell (2008) as principais rotas de entrada no continente americano são as seguintes (Figura 13): uma rota Polinésia, que vai desde a Oceania através da Polinésia até a América do Sul seguindo por mar aberto; outra rota a partir do norte da Europa margeado as massas glaciares e o oceano Atlântico até chegar ao Nordeste da América do Norte e por fim uma via desde o Nordeste da Ásia atravessando a Beríngia até o noroeste da América do Norte. Esta última podendo ter seguido pelo interior do continente primeiramente a partir de um corredor livre de gelo ou margeando a costa do pacífico.

A rota polinésia pode ser corroborada pela existência de sítios mais antigos no extremo sul do continente como monte verde no Chile, bem como possíveis semelhanças entre esqueletos mais antigos e da América do Sul da Polinésia. Todavia, o avanço do nível do mar e a falta de evidências materiais da capacidade de navegação destes povos torna difícil corroborar tal hipótese. Além do mais, a presença de sítios antigos meridionais podem ser explicados por uma rota que margeie a costa do pacífico.

A rota do Atlântico Norte baseia-se na comparação morfológica entre as diferentes indústrias líticas. Seus defensores advogam que grupos de caçadores e pescadores do Solutrense, que possuíam uma tecnologia de pontas de projétil datada entre 18.000 e 16.000 anos AP são os originadores da tecnologia Clovis no noroeste

da América com idades entre 11.500 e 10.900 anos AP (BRADLEY & STANFORD, 2004; STANFORD BRADLEY, 2000 e CARBONELL, 2008). Esta possível rota não exclui a existência de vias alternativas e se harmoniza com a existência de sítios classificados como Pré-Clovis, considerando-os como intermediários para o desenvolvimento dos artefatos líticos especializados no abate de megamamíferos (CARBONELL, 2008).

A rota via Beríngia se constitui numa teoria bem consolidada e amplamente aceita pela comunidade científica. Basicamente compreende o surgimento de uma ponte de terra entre o Nordeste asiático e o noroeste da América do Norte durante a glaciação Wisconsiniana. O nível do mar baixou a 120 metros do nível atual, deixando emersa uma extensa faixa de terra com cerca de 1.500 km de largura e compreendia o Nordeste da Sibéria e as porções centrais do Alasca e do Yukon que estavam livres do gelo (LIMA, 2006).

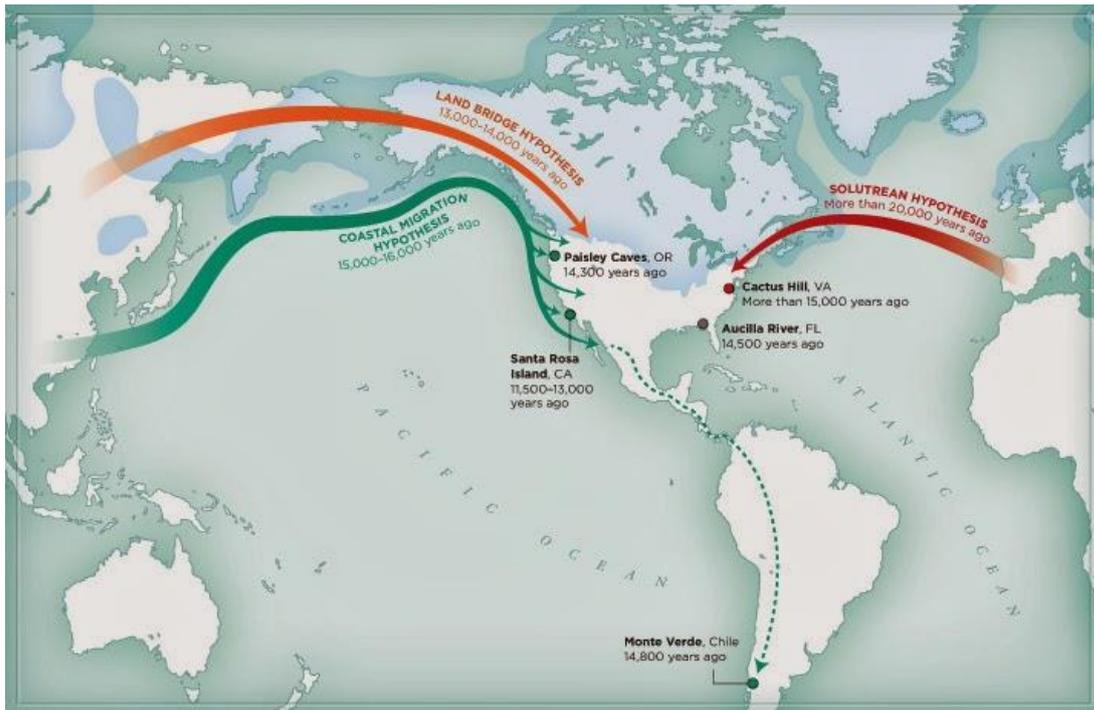
Uma combinação de dados arqueológicos e genéticos favorece uma migração partindo do leste da Ásia Central até a América do Norte. Mulligan e Kitchen (2014) desenvolveram um modelo de migração baseado em três estágios. O primeiro estágio corresponde a migração gradual a partir Leste da Ásia central por volta de 40.000 a 30.000 anos A.P. O segundo estágio compreende a ocupação da Beríngia entre 30.000 a 16.000 anos A.P, momento no qual ocorre o isolamento populacional e diversificação genética com pouco ou nenhum crescimento populacional no decorrer de 15.000 anos. Já o último estágio corresponde a uma rápida expansão para as américas em torno de 16.000 a 12.000 anos A.P.

Excetuando-se o longo período de 15.000 anos sem crescimento populacional na Beríngia, o modelo dos três estágios parece ser coerente com os dados arqueológicos. O segundo estágio (ocupação da Beríngia) é condizente com a adaptação ambiental e o desenvolvimento de tecnologias para a subsistência. A Beríngia, longe de ser apenas uma passagem de terra emersa, se constituía num complexo ecossistema, onde humanos e animais interagiam.

Já o desenvolvimento da tecnologia das pontas de projétil Clovis se encaixa dentro da cronologia do terceiro estágio de ocupação. A Beríngia, além de servir como rota para passagem de grupos humanos pré-históricos também foi atrativa para a fauna. Ficou livre do gelo por milhares de anos, e exibia uma cobertura de pasto de tundra estépica (CARBONELL, 2008). O clima e a vegetação sustentaram os grupos de mamíferos de mega e de grande porte, atraindo a atenção de grupos caçadores

pleistocênicos. Estes grupos já ambientados ao clima frio presente na Sibéria e adaptados ao desenvolvimento de estratégias de subsistências focadas na caça e na utilização dos recursos disponíveis após o abate de grandes animais, não teve grandes dificuldades para transpor a ponte de terra que uniu os continentes asiático e americano.

Figura 9 - Rotas de Povoamento da América do Norte



Fonte: <http://tist-fla.blogspot.com.br/2012/02/cro-magnoni-emberek-amerikaban.html>

A figura 13 apresenta uma rota via Atlântico, outra via Beríngia seguindo por um corredor livre de gelo e por fim uma rota pela costa do Pacífico. Em relação às hipóteses do tipo *Over kill*, para que sejam corroboradas dependem de alguns fatores: como a interação homem-fauna; o desenvolvimento de uma tecnologia para o abate de presas de grande ou de mega porte e a sobreposição das rotas com áreas de ocorrência de sítios de matança. Para a América do Norte, as possíveis vias de entrada se sobrepõem as áreas da cultura Clovis e Folsom, as quais indubitavelmente apresentam uma interação homem-fauna, graças a presença de artefatos líticos e de marcas de corte nestes sítios.

4.3. Povoamento no continente sul-americano

Já para a América do Sul há pouco consenso em relação às rotas e a cronologia dos sítios arqueológicos mais antigos. Dependendo do sítio adotado como ponto inicial do povoamento tem-se uma mudança brusca de paradigma, sobretudo para a região Nordeste do Brasil, onde não há uma hipótese ou teoria majoritária para o povoamento, tal como ocorre ao norte do continente. As hipóteses ainda estão em construção, tendo sido propostas diferentes rotas migratórias, sem que uma anule necessariamente a outra. Também não há uma rota específica na qual se apresente uma nítida interação homem-fauna. Há ainda outro diferencial relativo aos sítios escavados no Nordeste do Brasil, mais especificamente no estado do Piauí, que apresentam idades radiométricas muito superiores a chegada dos primeiros grupos de caçadores Clovis (Guidon, 1989).

Um dos sítios com as datações antigas é o da Toca do Boqueirão da Pedra Furada (TBPF), localizado no sudeste do Piauí, na área do Parque Nacional Serra da Capivara (Guidon, 1989; Parenti et al., 1996; Parenti, 2001; Felice, 2002). Trata-se de um abrigo sob rocha (em arenito) de grandes dimensões, com 75 m de altura por 70 m de comprimento. Nele, foram encontradas estruturas de fogueiras, lâminas de carvão, 8000 peças líticas, sendo 600 delas provenientes das fases pleistocênicas. O sítio exhibe mais de 1100 grafismos e possui uma longa sequência de ocupações pré-históricas pleistocênicas e holocênicas. As datações vão de 14.000 ± 210 a impressionantes 50.000 anos A.P, que correspondem a três fases de ocupação, a saber: Pedra Furada 1 (50.000 a 35.000 anos AP); Pedra Furada 2 (32.160 ± 1000 a 25.000 anos AP) e Pedra Furada 3 (21.400 ± 400 a 14.300 ± 210 anos AP). Já as fases holocênicas são as seguintes: Serra Talhada 01 (10.400 ± 180 a 8.050 ± 170 anos AP); a Serra Talhada 02 (7.750 ± 80 a 7.220 ± 80 anos AP), e por fim, a fase Agreste correspondente às ocupações humanas posteriores a 6.150 ± 60 anos AP (Parenti et al., 1996; Felice, 2002).

A autenticidade dos dados, sobretudo da cronologia das fases pleistocênicas foram questionadas por vários autores como Fiedel (1999), Lynch (1994) e Meltzer et al. (1994). Entre outros questionamentos está a autenticidade dos artefatos líticos, pois segundo os críticos poderiam ser apenas geofatos.

Independentemente destas críticas, pode-se tecer o seguinte questionamento: com uma cronologia de ocupação tão ampla que vai dos 14.300 até 50.000 anos AP, por que não foram encontrados vestígios de megamamíferos nos níveis pleistocênicos? Este questionamento faz todo o sentido quando se quer entender as causas da extinção. Como visto acima, o sítio Cerutti *Mastodon* (Holen et al., 2017) apresenta uma cronologia antiga de 130.000 anos e aponta boas evidências de interação homem-fauna, então por que a Toca do Boqueirão da Pedra Furada não apresenta vestígios semelhantes? Bem, em defesa de uma ocupação Pré-Clovis para o Nordeste do Brasil, pode-se argumentar que a área do Parque Nacional Serra da Capivara possui sítios com restos de megafauna associada a artefatos líticos, como no caso do Sítio Toca da Janela da Barra do Antonião (TJBA) que apresenta evidências de associação cultural entre o homem e a fauna extinta. Este último também era um abrigo rochoso, com pinturas e diversas peças líticas. Mas então por que este sítio com idade holocênica (9.600 anos AP.) possui evidência de associação estratigráfica com mamíferos de grande porte, enquanto que a TBPF com suas três fases pleistocênicas não apresenta este tipo de associação. Sabe-se que formações cársticas constituem ótimos ambientes para a preservação de fósseis, e o sítio TJBA está inserido num paredão calcário, ao passo que o sítio TBPF não se encontra nesse contexto. Pode-se contra argumentar que ao menos algum vestígio da megafauna deveria ter sido encontrado naquele sítio, mas ainda há outra possibilidade, este abrigo poderia ter sido utilizado especificamente como abrigo, enquanto outros locais poderiam ter sido utilizados para o abate destes animais.

No sítio Toca do Gordo Garrincho (Piauí) foram encontrados 2 dentes humanos fossilizados com idade de 15.245 ± 400 anos A.P, correlacionável temporalmente à fase Pedra Furada 3 (Felice, 2002), que poderiam indiretamente fornecer dados paleontológicos ao sítio TBPF. Contudo, apesar de sua grande relevância como sítio Pré-Clovis, a TBPF não fornece dados concernentes à extinção da fauna pleistocênica.

O sítio Toca do Gordo Garrincho (Guidon et al., 2009; Peyre et al., 2009) merece algumas considerações. Localizado no Serrote do Garrincho, na área de proteção permanente do entorno do Parque Nacional Serra da Capivara, em um afloramento de maciços calcários metamorfizados do Paleozoico, com abrigos e cavernas. Este sítio vem sendo objeto de estudo desde 1986, com campanhas para escavações e análises ocorrendo em 1989, 1991, 1992, 2000 e 2003. Sua maior

contribuição para o entendimento do povoamento da América reside fato de fornecer restos de fósseis humanos, artefatos líticos e restos de fauna pleistocênica associados estratigraficamente.

As idades obtidas por radiocarbono foram as seguintes: 12.210 ± 40 anos A.P, Cal BC 13.295 para 12.740 (Cal AP 15.245 para 14.690), Cal BC 12.390 para 12.120 (Cal AP 14.340 para 14.070) e Cal BC 11.965 para 11.905 (Cal AP 13.915 para 13.855). No setor T3 da escavação, foi encontrado um crânio humano associado a um raspador. Também foram encontrados neste setor fragmentos de fósseis de fauna pleistocênica. Já no Setor T6 foram encontrados dentes humanos associados aos artefatos líticos bem elaborados. A análise da morfologia craniana indicou tratar-se de um espécime com traços arcaicos (Peyre et al. 2009, p.66):

É um pequeno dolocrânio (1280 cm³) cujo comprimento é médio, mas que é estreito e baixo. O parietal, particularmente, apresenta uma morfologia evoluída pelo seu tamanho, por suas curvas no plano sagital e sua bossa parietal saliente e alta. Mas, esse crânio, é arcaico, por sua espessura e por seu frontal. O frontal de T3 é chato, estreito e maior que o parietal. Ao longo da história humana, a relação de tamanho entre esses dois ossos se inverteu. Inicialmente em benefício do frontal, hoje do parietal.

Figura 10 - Crânio humano coletado no setor T3, Sítio Toca do Garrincho.



Fonte: Guidon et al. (2009)

Figura 11 - Dentes humanos *in situ*, Setor T 6, Sítio Toca do Garrincho



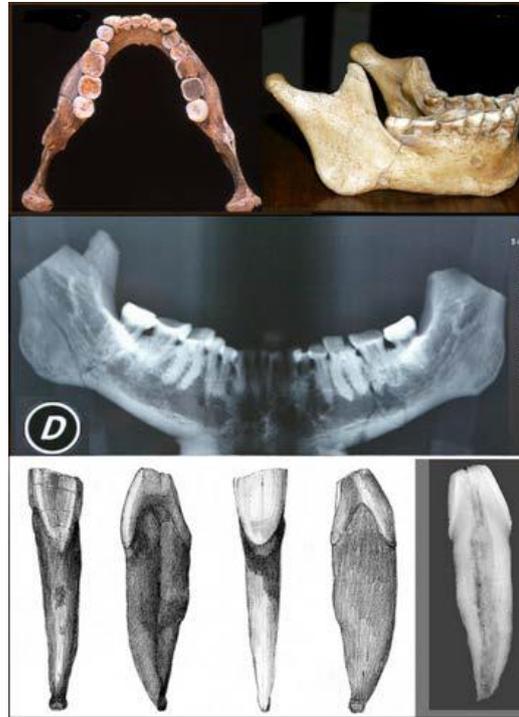
Fonte: Guidon et al. (2009)

Outro sítio localizado no entorno do Parque Nacional Serra da Capivara é o Toca da Janela da Barra do Antônio, que devido a sua importância para o entendimento do povoamento e da interação homem-fauna será abordado posteriormente, em maior detalhe. Nele foi encontrado um esqueleto de um indivíduo do sexo feminino, com 1,55m de altura e com idade de aproximadamente 10.000 anos AP, fazendo dele um dos mais antigos fósseis humanos da América do Sul (Peyre, 1993; Peyre et al., 2009). A análise do crânio e da mandíbula revela a existência de traços “arcaicos”, conforme observou Peyre et al. (2009):

“A idade deste indivíduo foi determinada pelo estudo dos ossos em 20 – 25 anos e, pelo volume das cavidades pulpares, foi definida como sendo 20 – 22 anos. O conjunto crânio mandibular e os dentes apresentam entre outros, traços arcaicos, o queixo é pouco saliente ($87,5^\circ$) e, o corpo mandibular é espesso em relação à altura, o ramus baixo e os dentes volumosos”.

No contexto do povoamento da América, os sítios do Antonião e do Garrincho são de fundamental importância, pois possuem vestígios humanos associados a restos de fauna pleistocênica. Seus vestígios precisam ser considerados nas revisões bibliográficas sobre o povoamento pré-histórico do continente. O TJBA traz evidências de uma associação comportamental entre o homem e a fauna. Datado em 9.600 anos A.P, apresenta as evidências de descarte em ossos de *Hippidion principale*. Já o sítio do Garrincho embora não possua associação cultural (evidências de descarte) apresenta uma associação cronológica e estratigráfica entre fósseis humanos e a fauna pleistocênica, bem como uma cronologia mais antiga, fazendo dele um bom exemplo de sítio Pré-Clovis na América do Sul. A relevância destes sítios requer que sejam realizados novos estudos para melhor se compreender as relações cronológicas e culturais entre as populações pré-históricas e a fauna extinta. Todavia, foi realizado um estudo comparativo entre o dentário e o crânio do espécime encontrado no sítio TJBA e entre do dentário e crânio encontrados no Sítio Toca do Garrincho, que trouxe resultados satisfatórios. Guidon e colaboradores concluíram que os três fósseis encontrados no sítio arqueológico do Garrincho e dentário proveniente do sítio do Antonião, comprovam que traços “arcaicos” perduraram entre os habitantes pré-históricos da região. A permanência dos traços “arcaicos” ficou mais evidente no sítio do Garrincho, quando comparados com os traços remanescentes do crânio e dentes coletados no Antonião. Estes resultados pesam a favor de uma cronologia mais antiga para o Garrincho, fazendo de seus fósseis, os vestígios biológicos humanos mais antigos da América do Sul (GUIDON et al. 2009). Abaixo está a figura dos fósseis selecionados para o estudo comparativo.

Figura 12 - De cima para baixo: dentário (Sítio do Antonião), radiografia do dentário (Sítio do Garrincho) e alguns dentes ilustrados (Sítio do Garrincho).



Fonte: Guidon et al. (2009)

A região Nordeste possui uma grande concentração de sítios arqueológicos, sobretudo nos estados de Pernambuco e Piauí. Possui ainda grande número de sítios paleontológicos pleistocênicos, com uma gigantesca quantidade de fósseis de mamíferos preservados em tanques, lagoas e cavidades cársticas. Há também evidências de associação cronológica e comportamental entre seres humanos e mamíferos extintos do pleistoceno. Pode-se acrescentar a riqueza de dados paleoambientais, extraídos através de estudos de sedimentos de tanques e de espeleotemas. Ante este cenário, esta região compreende uma área de estudo estratégica para o entendimento do povoamento do continente e das possíveis causas para extinção da mastofauna pleistocênica.

Em princípio, algumas perguntas podem ser consideradas: quais as possíveis rotas que foram utilizadas para adentrar na região? Quais os sítios mais relevantes do ponto de vista cronológico? Quais sítios apresentam evidências de uma interação homem-fauna? Qual a janela cronológica para a interação homem-fauna?

No que concerne às rotas, faz-se necessário entender quais os possíveis caminhos de entrada para o continente americano como um todo. Só então fará sentido abordar o povoamento do Nordeste do Brasil. Algumas destas rotas são mais plausíveis para explicar o povoamento da região amazônica. Já outras corroboram e existência de sítios arqueológicos entre 14.000 e 13.000 anos A.P localizados no extremo sul do continente. Também é possível que a colonização via costa do pacífico e/ou costa atlântica tenha proporcionado a chegada do homem ao que hoje são os estados Minas Gerais, Tocantins, Piauí e Pernambuco.

Aborda-se aqui uma síntese do processo de povoamento do continente Americano, dando enfoque a América do Sul e ao Nordeste Brasileiro. Embora a chegada do homem à parte meridional do continente possa ser estudada a partir de múltiplas perspectivas, optou-se por abordar a interação homem-fauna (pleistocênica) por ser imprescindível para se corroborar ou refutar hipóteses do tipo *Overkill*.

Já o povoamento da América do Sul apresenta características distintas quando comparado a chegada do homem pelo Norte. Sua colonização parece ser bem mais heterogênia no que diz respeito aos tipos de sítios e seus vestígios, bem como, a diversidade de rotas propriamente ditas. Há a possibilidade de que um ou mais grupos não mongoloides possam ter migrado para o sul do continente americano. Esta hipótese é fundamentada nas características morfológicas, alegadamente não mongoloides, do famoso crânio de Luzia (NEVES e PILÓ, 2008).

A cronologia é outro fator distintivo. A datação de sítios como Boqueirão da Pedra Furada (Brasil) e Monte Verde (Chile) questiona a ideia de uma colonização a partir da cultura Clovis. Sabe-se atualmente que o extremo sul do continente já estava ocupado, ao menos de modo contemporâneo em relação a cronologia dos sítios Clovis.

As possíveis rotas de migração não parecem ter sido definidas pelas glaciações, ao invés disso podem ser entendidas como uma expansão ao longo de grandes bacias hidrográficas (DIAS e BUENO, 2014). Os artefatos líticos e suas características morfológicas divergem das pontas do tipo Clovis e Folsom. As estratégias de subsistência não parecem sustentar uma caça especializada e tão pouco o *Overkill* em território brasileiro. Embora haja evidências de uma interação homem-fauna no início do Holoceno (BÉLO, 2013), os dados sustentam estratégias mais generalistas de sobrevivência.

O extremo sul do continente já estava ocupado há aproximadamente 14.000 anos A.P, e entre pelo menos 12.000 e 8.000 anos toda a parte leste do continente já estava ocupada por grupos de caçadores-coletores (Dias e Bueno, 2014). Se considerarmos as datações anteriores à presença da cultura Clovis, podemos inferir que a chegada do homem pré-histórico foi independente da cultura Clovis. Todavia, não é possível comprovar que a chegada de populações pré-históricas no cone Sul foi de toda independente da via Norte. Em ambas as porções do continente existem sítios Pré-Clovis com datações que ultrapassam os 15 ou 20.000 anos A.P.

Os pesquisadores Dias e Bueno (2014) propuseram três vias de acesso ao território equivalente hoje ao Brasil, sendo que cada via segue por dentro de uma determinada bacia hidrográfica e cada uma delas têm sua própria indústria lítica e cronologia.

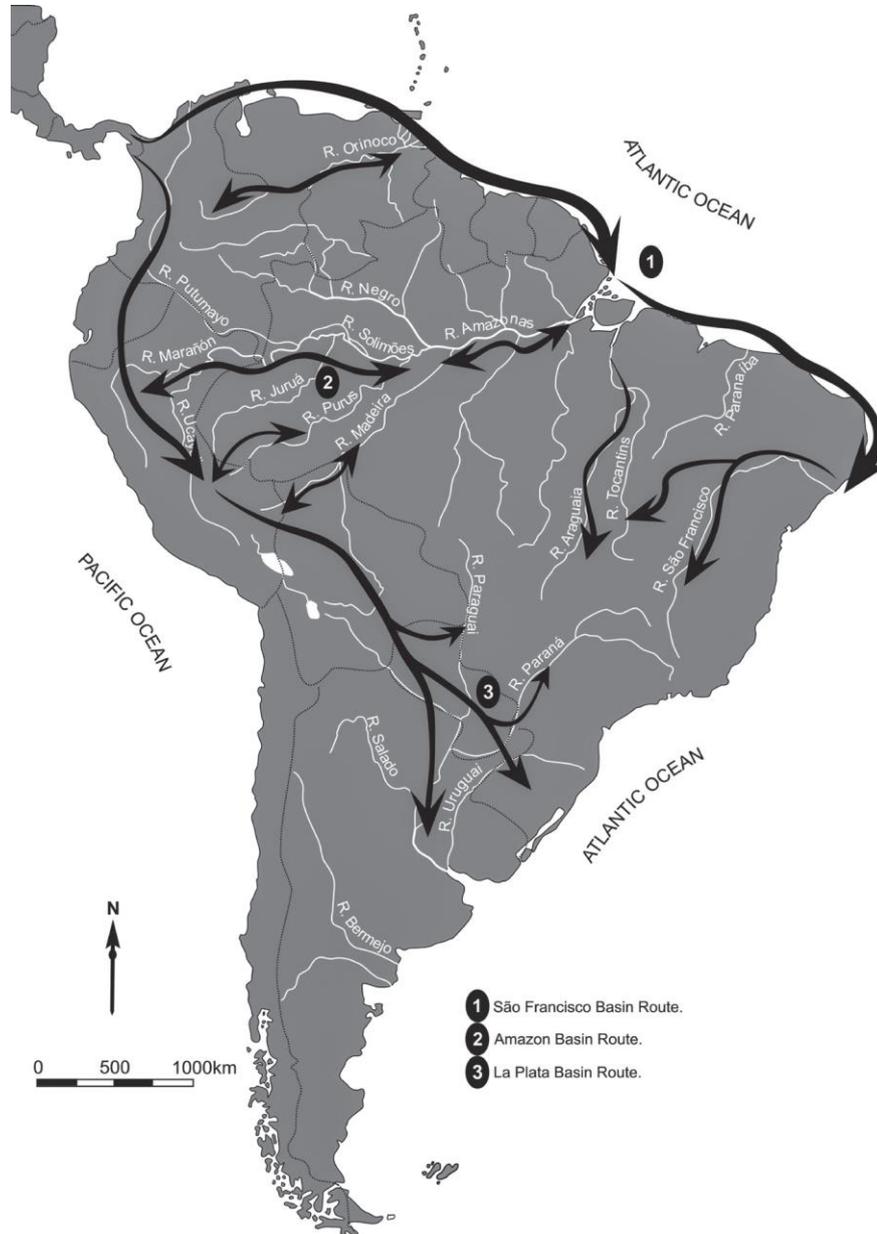
A primeira, denominada pelos autores de Rota da Bacia do São Francisco corresponde à migração inicial do território brasileiro entre 12.000 e 11.000 anos, de modo contemporâneo à cultura Clovis. Nesse momento teriam sido ocupados os biomas floresta tropical e cerrado por caçadores-coletores da Tradição Itaparica, os quais fizeram uso de estratégias generalistas de sobrevivência, ou seja, sem a caça especializada. A Bacia do Rio São Francisco teria um papel crucial, ligando a costa atlântica ao Norte com o Nordeste e o centro do Brasil. A segunda corresponde a Rota da Bacia amazônica entre 11.000 e 8.000 anos A.P, equivalendo a uma segunda leva migratória que teria conectado o norte do platô das Guianas, a Venezuela e a Colômbia, penetrando em território brasileiro pela região norte e pelo baixo Amazonas. Acredita-se que esta rota tenha consistência devido a semelhanças entre o Complexo Sipaliwini da Guiana e as evidências arqueológicas do baixo Amazonas. Por fim, uma terceira via denominada de rota da Bacia do Prata, a partir de 8.000 AP, está representada pela tradição Umbu, e foi responsável pela colonização direcionada ao sul do país. Está associada a rede fluvial dos rios Paraguai, Paraná e Uruguai.

As rotas apresentadas na Figura 14 advogam um processo de migração pré-histórica diferenciado, quando comparado com a porção norte do continente americano. Com três momentos distintos e com tecnologia lítica desenvolvida muito mais para uma estratégia generalista de sobrevivência, ao invés da caça especializada em mamíferos. Todavia, isso não quer dizer que populações pré-históricas não tenham interagido com a fauna pleistocênica na América do Sul, e com

base nas evidências encontradas em sítios como Taima-Taima na Venezuela, Monte Verde no Chile, pode-se atestar a interação homem-fauna desde 15.000 anos AP.

Partindo do princípio que o homem pré-histórico seguiu o curso de grandes rios (os quais permitiam acessar áreas com relevo acidentado ou com vegetação mais densa, além de fornecer recursos alimentares) e que eles desenvolveram uma tecnologia mais generalista com ampla distribuição territorial (porém, com baixa densidade demográfica), se estendendo do centro-oeste ao Nordeste do país, podemos buscar na Tradição Itaparica, ou numa tradição lítica contemporânea as evidências de como poderia ter ocorrido algum tipo de interação entre homem e a fauna ao longo do processo de povoamento. Um sítio bastante promissor para este fim é o Lagoa Uri de Cima, que será abordado com mais detalhes no próximo capítulo.

Figura 13 - Rotas migratórias pré-históricas da América do Sul



Fonte: Dias e Bueno (2014).

5 A INTERAÇÃO HOMEM FAUNA PLEISTOCÊNICA NA AMÉRICA DO SUL

5.1 A Interação

As interações homem-fauna compreendem as associações que ocorreram entre a mastofauna do Pleistoceno e o homem pré-histórico. No contexto analisado, estas interações podem ser estudadas de duas formas distintas. Primeiramente de modo tafonômico analisando as marcas nas superfícies de ossos. Em segundo, do ponto de vista estratigráfico, analisando-se possíveis associações espaço-temporais. Alguns sítios apresentam possíveis associações nos mesmos níveis, entre artefatos líticos e fósseis ou até mesmo entre restos humanos e fósseis da fauna extinta. Contudo, não se descarta que em alguns sítios tenha ocorrido alguma mistura temporal (*time-averaging*). Neste capítulo, ambas as abordagens serão consideradas, visto que cada sítio contribui de modo particular para o entendimento dos fatores que podem ou não ter conduzido à extinção.

Embora uma parte dos dados seja proveniente de fontes bibliográficas, as análises cronológicas, estratigráficas e correlações paleoambientais e arqueológicas são oriundas de sítios que vêm sendo estudados pela equipe do Laboratório de Paleontologia da UFPE - PALEOLAB.

Os sítios arqueológicos e paleontológicos do Quaternário do Nordeste do Brasil são de grande valia para este fim. Esta região é rica em depósitos quaternários do tipo tanques, bem como de lagoas pleistocênicas e cavidades cársticas utilizadas como abrigo pelo homem pré-histórico. Estes tipos de depósitos e de sítios são altamente favoráveis à formação e preservações de fósseis de mamíferos pleistocênicos.

Alguns destes sítios apresentam possível associação estratigráfica entre fósseis e artefatos líticos, todavia sem vestígios de marcas de corte nos ossos. No estado de Pernambuco os sítios arqueológicos e paleontológicos Lagoa da Pedra (município de Conceição das Creoulas) e Uri de Cima (Município de Salgueiro) se enquadram nestas características, bem como o tanque de Fazenda Nova (Fazenda Logradouro). Este último apresenta níveis com fósseis de megamamíferos, um nível inferior cimentado por CaCO_3 e alguns líticos com lascamento simples.

Como salientado anteriormente, no estado do Piauí, no município de Coronel José Dias encontra-se o sítio arqueológico e paleontológico Toca da Janela da Barra

do Antonião (T.J.B.A). Trata-se de uma cavidade cárstica localizada na base de um enorme paredão calcário. Foi utilizado como abrigo durante a transição Pleistoceno-Holoceno. Possui associação estratigráfica (fósseis e líticos) e associação comportamental, observada a partir das marcas de corte presentes em fósseis de *Hippidion* (BÉLO e OLIVEIRA, 2013). Como mencionado, no Sítio Toca do Gordo do Garrincho – Piauí foram encontrados dois dentes humanos fossilizados em associação estratigráfica com fósseis de mastofauna. A singularidade deste sítio reside no fato de que sua associação estratigráfica não ocorre com líticos, mas com restos humanos. Por fim, destaca-se o sítio Tamandúá de Cima (município de São Bento do Una), um depósito fluvial que apresenta fósseis, camadas cimentadas por CaCO_3 , prováveis pegadas de mastofauna pleistocênica e uma ligação ambiental e cronológica com o Último Máximo Glacial (UMG). Para os objetivos desta tese, este sítio será considerado enquanto referencial cronológico e ambiental para a extinção pleistocênica no Nordeste do Brasil. Abaixo, segue a descrição em mais detalhes destes sítios e sua relevância para o entendimento do processo de extinção.

Longe de ser entendida apenas em termos cronológicos e de possíveis rotas migratórias, a extinção da mastofauna pleistocênica da América do Sul também pode ser estudada de modo a se verificar a possível participação humana no processo. O estudo da interação homem-fauna na América do Sul e das indústrias líticas do Nordeste brasileiro contribuem em grande medida para este fim.

Entre as várias hipóteses apresentadas no primeiro capítulo, pôde-se perceber a predominância de duas linhas de pensamento. A primeira assume que o homem pré-histórico foi o responsável pelo processo de extinção em todo o continente americano, a hipótese do *Overkill* e suas variantes são bons exemplos disto. Uma segunda linha de pensamento incide sobre as mudanças climáticas e suas consequências nocivas sobre gêneros de megas e de grandes mamíferos. Neste tópico será dada ênfase na arqueologia para se elucidar até que ponto os vestígios arqueológicos, principalmente os do Nordeste brasileiro podem corroborar ou falsear a contribuição humana para a extinção da fauna pleistocênica.

A arqueologia é a ciência que estuda os vestígios materiais de sociedades do passado. É uma ciência altamente interdisciplinar, com estreita relação com as geociências. A arqueologia pré-histórica estuda os vestígios de sociedades que não faziam uso da escrita, mas que desenvolveram diferentes tecnologias para a sua sobrevivência. Os artefatos líticos são exemplos notórios do desenvolvimento cultural

destes povos. Já a Zooarqueologia estuda os remanescentes da fauna encontrados em contexto arqueológico. Se de fato o homem pré-histórico contribuiu de algum modo para o desaparecimento daqueles animais, será por meio do estudo destes vestígios (líticos e zooarqueológicos) que poderemos confirmar ou refutar sua participação no processo de extinção. Mas a Zooarqueologia não é o único meio de se testar hipóteses.

Outro aspecto importante neste estudo interdisciplinar abrange um campo científico bastante amplo denominado de tafonomia, o qual estuda todo o processo de um determinado organismo desde sua morte, transporte, soterramento até a sua fossilização. O termo foi originalmente formulado por Efremov (1940). Vem do grego *tafos* (sepultamento) e *nomos* (leis), significa leis de sepultamento. Para a arqueologia, a tafonomia serve para se estudar a interferência do homem na formação de uma assembleia fóssil. Grupos humanos podem ter sido os responsáveis pela morte, transporte e acúmulo de ossos daqueles animais, bem como podem ter deixado marcas de descarte nos ossos (TERREROS, 2006).

Sendo assim, quanto mais elementos arqueológicos, zooarqueológicos e estratigráficos estiverem presentes no sítio, maiores serão as evidências de uma interação e conseqüentemente, maiores serão as possibilidades de se demonstrar ou não a contribuição humana no processo de extinção. O estudo de dados ambientais é imprescindível. Todavia as *proxies* ambientais serão abordadas em separado nesta tese.

No contexto sul-americano podemos destacar dois tipos de associação. Uma de natureza física e a outra comportamental (BORRERO, 2009). A associação física corresponde a presença de artefatos arqueológicos e restos faunísticos (fósseis pleistocênicos) nos mesmos níveis estratigráficos. Sendo deste modo, a evidência de uma coexistência cronológica, mas sem uma comprovada interação entre o homem e a fauna. Estudos detalhados da sedimentologia e estratigrafia irão confirmar a associação, caso contrário será descartada, podendo ser atribuída a uma mistura temporal ou à introdução acidental na camada. Já a associação comportamental corresponde a presença de marcas feitas por humanos, sobre os restos faunísticos. Desse modo fica atestada não só a coexistência cronológica, mas também a interação propriamente dita entre o homem pré-histórico e a fauna pleistocênica (BORRERO, 2009; TERREROS, 2006).

Alguns sítios podem atestar uma possível associação entre homens e megamamíferos (>1000 kg), já outros correspondem a uma nítida interação entre humanos e a grande fauna (< 1000 kg). Outros sítios podem apresentar uma grande quantidade de artefatos líticos associados ou não a uma assembleia fóssil. Esses conceitos são importantes para se compreender a relevância de um determinado sítio no esclarecimento da questão.

Em relação à América do Sul, há uma grande quantidade de dados arqueológico e paleontológicos, os quais são extremamente úteis ao estudo dos eventos de extinção. Até algumas décadas atrás, era dada pouca relevância aos estudos provenientes de países sul-americanos. Geralmente apenas as hipóteses aventadas por autores norte-americanos ou europeus eram levadas em conta. A migração arqueológica para a América do Sul, que como vimos foi bastante heterogênea, era entendida como uma continuidade da ocupação pelo Norte, sem se considerar com a devida atenção os dados provenientes de países como Venezuela, Brasil e Chile, por exemplo. Já a extinção da fauna pleistocênica era estudada com dados paleontológicos, ambientais e arqueológicos provenientes da América do Norte. As datações de sítios sul-americanos são com frequência questionada, principalmente quando as idades não coincidem com as hipóteses levantadas para se explicar a chegada do homem ou a extinção da fauna na América do Norte.

Desde o início dos anos 2000 que alguns autores vêm se dedicando ao estudo das particularidades das interações homem-fauna ao sul do nosso continente, entre estes, Borrero (2008, 2009), Cione et al. (2009), e Barnosky e Lindsey (2010). Cada um deles traz um enfoque diferente. Borrero (2008) alerta tanto para a necessidade de incluir os estudos realizados na América do Sul, bem como a utilização de critérios mais consistentes na seleção dos dados. Para ele é necessário selecionar sítios que foram escavados de forma criteriosa e utilizar datações confiáveis.

Borrero (2009), por sua vez, levanta uma série de evidências de sítios arqueológicos e paleontológicos da América do Sul com algum tipo de evidência da interação homem-fauna. Também reuniu diversos dados cronológicos especificando o tipo de material que foi datado. Observou que uma das causas mais citadas para a extinção sul-americana é uma combinação de fatores ambientais com a chegada dos humanos, no entanto, poucas evidências tafonômicas concretas são apresentadas. A sobreposição cronológica entre a chegada de grupos humanos e as idades para o último aparecimento de um determinado gênero, também não são conclusivas. Para

ele, longe de ser alvo de uma caça sistemática, a megafauna foi no máximo um recurso complementar, e embora o grau de associação estratigráfica entre fósseis e artefatos líticos seja variado, poucos casos podem sustentar evidências de uma interação realmente comportamental. Após análise detalhada de diversos sítios sul-americanos que apresentam diferentes tipos de associação, como Taima Taima na Venezuela, Gruta del Indio na Argentina, Monte Verde e Cueva del Medio no Chile, Borrero (2009) percebeu que poucos sítios apresentavam uma interação comportamental consistente. Para ele os dados levantados indicam que o homem coexistiu em muitas regiões da América do Sul com a megafauna, todavia seria difícil afirmar se eles eram caçadores ou carniceiros. De qualquer modo, os dados não sustentam um *Overkill* e ao mesmo tempo não invalidam a associação comportamental entre homem e fauna.

Esses dados levantados por Borrero (2009) podem trazer nova luz para a interpretação de sítios do Nordeste brasileiro. O sítio Cueva Sofia I com ossos de *Hippidion saldiasi*, datados em 10.780 e 10.310 anos A.P e Cueva del Medio também com ossos da mesma espécie (10.860 e 10.710 anos A.P) podem indicar um padrão de subsistência baseado no abate exclusivo de grandes mamíferos, e não no abate de megamamíferos. Os dados referentes ao gênero *Hippidion* (membro da grande fauna brasileira), estão em acordo com os resultados encontrados no sítio Cueva Sofia I. O estudo conduzido por Bélo e Oliveira (2013), encontrou diversas marcas de corte em ossos de *Hippidion* oriundos do sítio Toca da Janela da Barra do Antonião, com 9.600 anos A.P. As marcas encontradas correspondem a sulcos paralelos que foram inicialmente identificados com uso de lupa binocular. Embora, neste sítio, tenham sido encontradas possíveis marcas de ação antrópica em ossos de *Toxodon* e *Eromotherium*, os sulcos identificados nos ossos de *Hippidion* são muito mais diagnósticos do ponto de vista da análise de marcas, com base nos critérios definidos por Fisher, (1995).

Já o sítio Arroyo Seco 2, localizado na Argentina (com datações entre 13.000 e 14.000 anos AP) apresenta ossos de *Megatherium americanum*, *Hippidion principale* encontrados em associação com artefatos líticos e possuindo marcas de corte (PRATES et al., 2013; POLITIS et al., 1995).

Embora o *Overkill* não seja a hipótese mais plausível para a extinção da fauna pleistocênica, a participação humana está longe de ser completamente descartada. Cione et al. (2009), sustenta a hipótese do *Broken Zig Zag*. Segundo sua hipótese, a

alternância de baixa e alta biomassa de mamíferos em consequência da alternância entre áreas abertas e fechadas por fatores climáticos, debilitou a fauna, exatamente no momento da chegada do homem entre 13.000 e 11.000 anos AP., que constituiu um elemento novo impedindo a fauna de se reestabelecer (ver capítulo 01).

A hipótese do *Broken Zig Zag* traz uma série de elementos que podem ser úteis ao estudo da extinção da megafauna no Nordeste do Brasil. Juntamente com o fator da presença humana, há as questões paleoambientais, biogeográficas e as respostas da fauna com base no tamanho de sua massa corporal. A maior discrepância de nossos dados em relação a essa hipótese reside na diferença temporal dos prováveis últimos aparecimentos da megafauna e dos grandes mamíferos no Nordeste do Brasil.

Embora os dados referentes ao cone sul não sustentem uma caça especializada e sistemática, há vários bons exemplos de associações estratigráficas e de interação comportamental entre humanos e mamíferos pleistocênicos. Em determinados sítios são encontrados apenas fragmentos de ossos de mega e de grandes mamíferos. Já em outros são encontrados líticos que podem ser pontas de projétil ou artefatos de uso mais generalizado, como indústrias sobre seixos. Também são encontrados restos faunísticos com marcas tafonômicas diagnósticas de um descarte feito pelo homem. Há também sítios onde tanto os líticos quanto as marcas sobre os ossos estão presentes (BORERRO, 2009).

É possível que com avanço das pesquisas no território brasileiro, possam ser identificados padrões comportamentais, relacionados ao aproveitamento dos recursos faunísticos. Mais pesquisas, sobretudo na região Nordeste do Brasil poderão indicar semelhanças entre as estratégias de sobrevivência de populações pré-históricas, de modo semelhante ao que ocorreu em países como o Chile e a Argentina.

Com base nos dados disponíveis sobre os sítios sul-americanos é coerente afirmar uma ampla utilização de espécies do gênero *Hippidion* como fonte recurso alimentar no extremo sul do continente e no Nordeste do Brasil. Abaixo ilustramos algumas imagens de elementos esqueléticos de *Hippidion* apresentando marcas diagnósticas de descarte, também de denominadas de corte (Figura 15).

Figura 14 - Dentário de *Hippidion saldiasi*, Sítio Cueva del Medio



Fonte: Borrero (2009).

Nesse contexto, é bastante plausível admitir que gêneros de grandes mamíferos como o *Hippidion*, *Catonyx*, *Palaeolama* e *Blastoceros*, que não eram necessariamente dependentes de um ambiente com vegetação aberta (que sustentava a megafauna), possam ter sobrevivido após mudanças climáticas que implicassem no aumento da umidade e consequente avanço da floresta tropical. Este raciocínio é crucial para se entender as causas do desaparecimento da mega e da grande mastofauna no Nordeste brasileiro. Embora a hipótese do *Broken Zig Zag* não possa responder a todos os questionamentos, por sua característica interdisciplinar e coerência com os dados, se constitui num suporte adequado para a construção de uma hipótese consistente com as evidências geo e paleontológicas no Nordeste.

Figura 15 - Sulcos em escápula de *Hippidion principale*, Sítio Toca da Janela da Barra do Antonião.

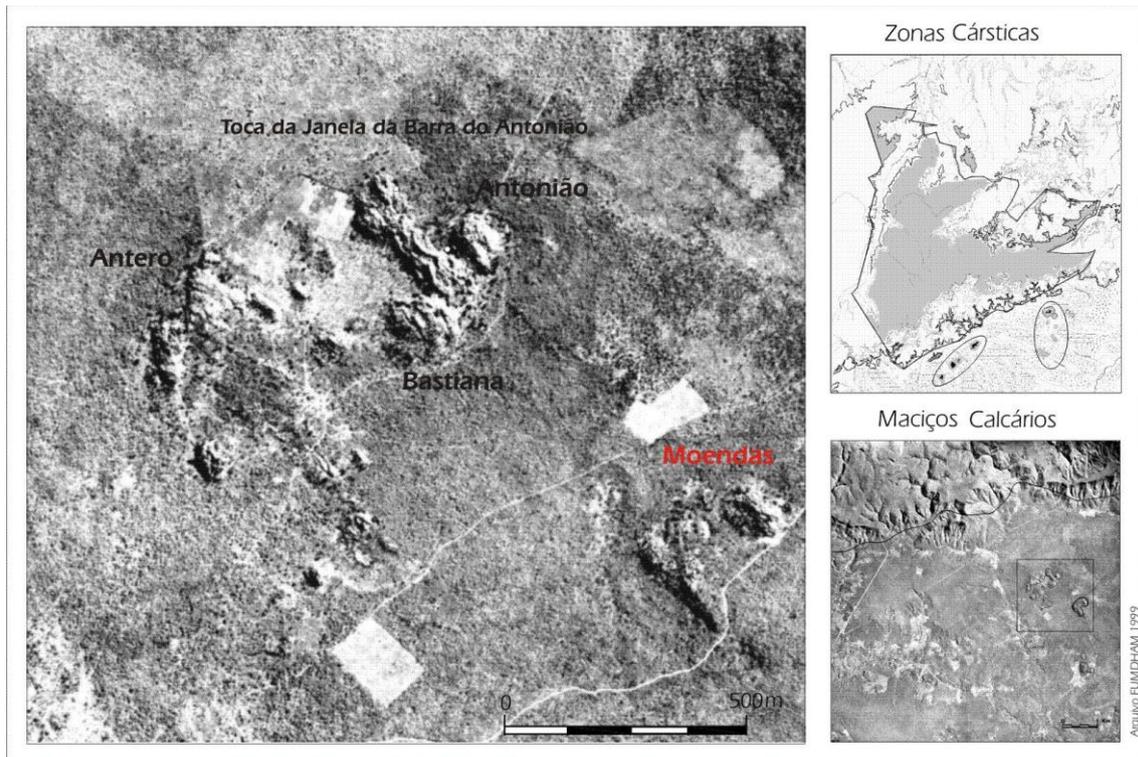


Fonte: Bélo e Oliveira, (2013).

Como visto anteriormente, alguns dados apontam para a existência de marcas de corte em gêneros da grande fauna como o *Hippidion* (Figuras 14 e 15) como ocorre no Sítio Toca da Janela da Barra do Antonião (BÉLO, 2013). Para Garcia et al. (2008) que estudou coprólitos de *Hippidion* nos sítios Los Morrillos e Gruta del Indio na Argentina, este gênero teve maior flexibilidade adaptativa durante as mudanças climáticas. O *Hippidion* da Gruta del Indio, tinha sua dieta baseada em espécies vegetais lenhosas, enquanto que em Los Morrillos eles se alimentavam de espécies herbáceas. Conforme este autor, a flexibilidade alimentar de *Hippidion* resulta em uma maior permanência deste em relação a outros gêneros como *Megatherium* e *Myloodon*, que se extinguíram na Gruta del Indio entre 100 a 1000 anos antes de *Hippidion*. Todavia, esta vantagem adaptativa não seria suficiente para garantir a sua sobrevivência durante o Holoceno, podendo ser afetada por questões ambientais como a aridez e a competição com outras espécies inclusive o homem, associada a uma baixa densidade populacional do *Hippidion*. Garcia e seus colaboradores não defendem uma extinção provocada por humanos, apenas incluem a presença humana

como um possível fator que poderia ter contribuído para a extinção da grande fauna, em uma área específica.

Figura 16 - Localização dos maciços calcários (serrotes) no entorno do Parque Nacional Serra da Capivara, Piauí.



Fonte: Guidon et al. (2009)

A área de afloramento de maciços calcários (localmente denominados de serrotes) localizada no entorno do Parque Nacional Serra da Capivara, proporciona um excelente meio de preservação para os vestígios arqueológicos e paleontológicos. É desta área que provém algumas evidências da interação homem-fauna, como no já mencionado Sítio Toca da Janela da Barra do Antonião - TJBA, e no sítio Toca das Moendas, este último forneceu evidências da sobrevivência da grande fauna pleistocênica na região, sobretudo na grande quantidade de restos de cervídeos.

O sítio Toca das Moendas (GUIDON et al. 2009) compreende uma caverna calcária que apresenta valiosos vestígios que indicam uma coexistência cronológica entre a grande fauna pleistocênica e o homem pré-histórico. Neste sítio foram encontrados três esqueletos humanos fragmentados, peças líticas, fósseis de diversos gêneros da grande fauna, pinturas rupestres, gravuras rupestres e

fragmentos de cerâmica. Os vestígios não indicam uma associação cultural entre o homem e a fauna (como ocorre na TJBA), todavia, apresentam boas evidências para uma associação cronológica.

Entre os fósseis encontrados, foram identificadas cerca de quinze espécies de grandes mamíferos, bem como pequenos mamíferos, grandes lacertílios, um jacaré e alguns osteodermos de carapaças de quelônios. Os grandes mamíferos identificados incluem *Palaeolama major*, *Mazama gouazoubira* (esqueleto, parcialmente em conexão) e *Blastocerus dichotomus*. Os Equidae são representados por *Hippidion* e *Equus*, sendo que *Hippidion* é o mais comum. Os Tayassuidae identificados são *Dicotyles tajacu* e *Tayassu pecari*. Foram, também, identificados, *Xenorhinotherium* e *Catonyx*. Também estão presentes *Glyptotherium*, *Pampatherium* e um grande número de osteodermos de Dasypodidae. Foram identificados carnívoros, entre eles: *Cerdocyn thous*, *Conepatus* sp., cf. *Panthera onca* (um dente) e *Felis concolor* (um fragmento de dentário). Pela primeira vez encontrou-se restos fósseis da família Ratitae, *Rhea* (uma americana).

Um dos esqueletos humanos (03), encontrado no setor 02 da escavação, estava inserido numa camada de sedimento friável, que por sua vez estava abaixo de uma camada concrecionada (Guidon et al., 2009). Associados estratigraficamente ao esqueleto estavam dois dentes de um grande cervídeo, *Blastocerus dichotomus*. Neste mesmo setor também havia um dentário deste animal (Foto 17).

A camada concrecionada mencionada acima, foi datada pelo método da termoluminescência em 13.000 anos A.P, já os dentes de *Blastocerus* que estavam associados ao esqueleto 03 foram datados pelo método de Ressonância Eletrônica de Spin (ESR) em 22.000 ± 2.000 e 23.000 ± 2.000 anos AP. Essas idades mais antigas, foram corroboradas pela datação de conchas (^{14}C) que forneceram idades entre 24.210 ± 150 e 26.970 ± 140 anos AP. Já a calcita que recobria parte das pinturas rupestres foi datada em 31.860 anos AP (^{14}C). Estes dados cronológicos indicam uma associação temporal homem-fauna ao longo do Pleistoceno, entre 23.000 e 22.000 anos AP. Não há uma causa para ausência da megafauna (>1000 kg), pode-se supor que as dimensões de mamíferos como *Eremotherium*, *Toxodon* e *Notiomastodon* impediram que os mesmos fossem levados pelas águas para o interior da caverna. Mas, muito provavelmente eles estavam presentes na área, pois fósseis de *Notiomastodon* estão presentes na mesma área cárstica no sítio TJBA. Não se pode afirmar que o homem interagiu com estes animais, pois até o presente momento,

não foram publicados achados de marcas de corte nos fósseis provenientes deste sítio (Toca das Moendas). Já no sítio vizinho (TJBA), embora as marcas de corte e padrões de fratura estejam presentes, a idade deles é holocênica inicial. Apesar disso, outros vestígios indicam que havia algum tipo de relação entre os homens e os cervídeos que habitavam a região. A presença de pinturas rupestres representando cervídeos, inclusive com características de *Blastocerus* indicam que estes animais atraíam a atenção de grupos humanos pré-históricos. Este tipo de registro pode ser observado no sítio Toca do Paraguaio, no Parque Nacional Serra da Capivara (Figura 19).

Figura 17 - Dentário de *Blastoceros dichotomus*.



Fonte: Guidon et al. (2009)

Figura 18 - Pintura rupestre de *Blastoceros* localizada no Sítio Arqueológico Toca do Paraguai.



Fonte: Guidon et al. (2009)

No setor 2 da escavação também foram encontrados fragmentos de cerâmicas, datadas por Termoluminescência em 4.076 e 4.891 anos AP. Esses vestígios não estão associados estratigraficamente aos esqueletos humanos e nem aos fósseis da grande fauna. Podem indicar uma ocupação bastante longa da caverna desde 31.000 (idade da calcita) até 4.076 anos AP. Ou pode se referir a eventos episódicos de entrada de sedimentos que estavam no entorno da caverna. Não é possível, com base no atual conhecimento, afirmar se os vestígios são provenientes de um mesmo grupo que ocupou a localidade ou seu entorno no decorrer do Pleistoceno e do Holoceno, ou ainda se os restos pertencem a diferentes grupos que ocuparam a área em grandes intervalos de tempo.

Os artefatos líticos encontrados não foram datados, pois não havia estruturas com fogueiras ou restos de carvão associados. Foram encontradas 134 peças trabalhadas confeccionadas em quartzo, quartzito e algumas peças em sílex. Doze ferramentas apresentam marcas de percussão, indicando serem percutores (Figura

19); foram encontrados, também 30 lascas com córtex, 6 lascas sem córtex, 21 núcleos, 8 seixos lascados e 57 fragmentos (Guidon et al., 2009). A presença de núcleos e de lascas *in situ* é um forte indicativo de que o sítio também serviu como oficina lítica. Resta saber qual a possível relação dos líticos com os fósseis de fauna pleistocênica.

Figura 19 - Ferramentas Líticas, Sítio Arqueológico Toca das Moendas.



Fonte: Guidon et al. (2009)

Por fim, pode-se dizer que este sítio é um bom representante de sítios Pré-Clovis na América do Sul, com boas evidências, dentre elas, a presença de líticos com lascamento intencional, datações por diferentes métodos, associação estratigráfica entre esqueletos humanos e fósseis da grande fauna. Estas características fazem da Toca das Moendas uma peça chave para o entendimento tanto do povoamento pré-Clovis como da interação homem fauna. Contudo, o sítio carece de estudos integrados, como por exemplo, os realizados nos sítios Toca da Janela da Barra do Antonião e a Toca das Moendas. Estudos multidisciplinares poderiam promover uma visão mais completa da dinâmica deposicional dos afloramentos, de sua história tafonômica, bem como das atividades praticadas pelo homem pré-histórico.

Os sítios apresentados até o presente momento possuem uma variedade de contextos deposicionais, diferentes tipos de vestígios, bem como diferentes possibilidades de interpretação. Estudos que consideram diversos fatores como possíveis causas, circunscritas a uma determinada área vem apresentando resultados satisfatórios. Se entendermos que um processo de extinção pode variar conforme as diferenças geográficas e que cada gênero pode apresentar uma resposta específica

aos fatores ambientais ou a intervenção humana (LORENZEN et al., 2011), perceberemos que a extinção na América do Sul, não apenas difere dos possíveis processos ocorridos na América do Norte como também apresenta diferenças regionais. Isto quer dizer que conforme a área selecionada para o estudo, os resultados serão distintos. Em outras palavras a extinção que ocorreu onde hoje é o território da Argentina, pode ter seguido um processo diferente do que ocorreu no Chile, por exemplo.

No Sul da Patagônia Chilena, na região de Última Esperanza, os dados cronológicos e paleoambientais apresentam múltiplas causas para a extinção ao invés de focar num único fator (VILLAVINCENIO et al., 2015). Nesta região é provável que uma combinação de ação humana, mudança climática e vegetacional conduziram os eventos de extinção. Os primeiros humanos lá chegaram a partir de 14.000 anos A.P, e coexistiram com cavalos (*Hippidion saldiasi*), camelídeos e milodontes durante alguns milhares de anos sem, no entanto, terem causado suas extinções. Portanto, em Última Esperanza não se sustenta uma extinção por *Overkill* do tipo *Blitzkrieg*. Por outro lado, os dados cronológicos indicam que os carnívoros parecem ter sido extintos por fatores humanos, embora não tenham sido apresentados restos fósseis de carnívoros com marcas de abate. Os autores que estudaram esta região acreditam que a competição com os humanos pode ter levado os carnívoros a extinção. Já a transição de pastagens frias para florestas provocadas pelas mudanças climáticas no final do Pleistoceno, teria sido a causa do desaparecimento de *Hippidion saldiasi* e de *Lama cf. owenii* e *Mylodon*. Embora os fatores ambientais sejam evocados para explicar o desaparecimento destes três gêneros, os autores consideram que populações humanas podem ter causado pressão na fauna e contribuído de algum modo para a sua extinção.

O estudo realizado por Villavincencio e colaboradores contribui para um entendimento do processo de extinção de modo regional, a partir da análise de dados locais. Nesta tese, entende-se que hipóteses para extinções regionais podem servir como uma base mais sólida para o entendimento mais amplo. Ou seja, compreender os fatores para uma extinção regional proporcionará um melhor entendimento num contexto continental. Todavia, a falta de dados tafonômicos em alguns sítios restringe o entendimento de quais tipos de interação homem-fauna poderiam de fato ter ocorrido. Sendo assim, o uso de dados regionais associados às informações

tafonômicas e paleoambientais parece ser o caminho mais seguro para o entendimento dos processos de extinção.

O Brasil por ter dimensões continentais, pode ter diferentes processos de extinção dentro do seu território. As extinções que ocorreram no estado de Minas Gerais podem apresentar padrões distintos dos eventos que eliminaram a fauna pleistocênica no Nordeste do país. Por outro lado, alguns dados encontrados em sítios arqueológicos e paleontológicos do Nordeste podem ser correlacionados com evidências de sítios localizados em outros países da América do Sul. Isso ocorre porque cada porção do continente está localizada de tal modo a reagir de forma distinta às mudanças climáticas ligadas aos avanços e retrações das glaciações. As áreas próximas aos trópicos iram apresentar efeitos ambientais e climáticos de modo distinto das áreas mais meridionais, como Chile e Argentina, por exemplo.

As rotas humanas, abordadas anteriormente, foram diversificadas, seguindo a costa do Pacífico ou adentrando através das grandes bacias hidrográficas brasileiras. Assim, cada grupo pré-histórico pode ter criado soluções distintas para a sua sobrevivência, o que afeta diretamente a sua relação com a caça de mamíferos pleistocênicos.

A cronologia também é um fator de suma importância, com vários sítios equivalentes ou posteriores ao UMG. Outras datas situam-se próximas do evento denominado *Younger Dryas* (YD). Faz-se necessário compreender as respostas do ambiente, bem como do homem aos eventos climáticos mencionados. Se o UMG elevou os índices pluviométricos nas áreas próximas aos trópicos (Cruz et al., 2009), isso pode resultar no avanço de áreas florestadas e na redução de áreas de pastagens para mamíferos acima de 1000 kg. Se estas migrações para o território brasileiro ocorreram em sua maioria num período em que a megafauna já se encontrava em declínio, situação oposta ao que ocorreu na América do Norte, então não seria viável para eles produzirem uma tecnologia lítica especializada na caça destes animais, mas, uma tecnologia mais generalista. De fato, os dados das indústrias líticas associadas as possíveis rotas migratórias corroboram essa hipótese. Isso não quer dizer que o homem pré-histórico não conviveu com a megafauna, mas, que houve uma interação muito mais esporádica.

A pequena quantidade de sítios com interação homem-fauna pleistocênica no Nordeste brasileiro pode refletir alguns fatores como, a baixa densidade da megafauna, que estaria em declínio devido as mudanças ambientais durante o UMG

(entre 27.970 e 17.800 anos AP), e a baixa densidade populacional dos primeiros grupos pré-históricos, que migraram para o interior do Brasil em um lapso de tempo entre 15.000 e 11.000 anos A.P. Questões tafonômicas de preservação também podem estar envolvidas, pois nem todos os vestígios faunísticos resistem a ação do tempo.

Esta tese aborda a extinção no NE brasileiro a partir destas perspectivas. Nossos dados sustentam uma extinção relacionada ao final do Último Máximo Glacial - UMG (Sítio Tamanduá de Cima), com base em dados paleoclimáticos de espeleotemas, além das evidências da interação homem-fauna na passagem do Pleistoceno para o Holoceno (Sítio Toca da Janela da Barra do Antonião).

Os dados sobre a interação homem fauna, disponíveis para o Nordeste brasileiro, não são abundantes como os dados apresentados nas pesquisas realizadas na Argentina e no Chile, por exemplo. Contudo, nesta tese analisaremos alguns dados disponíveis que ainda não foram discutidos em relação aos processos de extinção da megafauna e dos grandes mamíferos.

O Laboratório de Paleontologia da UFPE tem desenvolvido projetos de pesquisa que levam em consideração os questionamentos tafonômicos de interesse paleontológico e arqueológico. Embora muitos destes trabalhos sejam especificamente de cunho paleontológico (e.g. Alves, 2007; Silva, 2013), vêm contribuindo para o entendimento tafonômico dos depósitos de tanques no estado de Pernambuco, e como estes depósitos retêm o maior acervo da mastofauna pleistocênica do estado, podem fornecer subsídios para o entendimento de possíveis interações homem-fauna.

Silva et al. (2007) e posteriormente Oliveira et al (2010) fizeram um amplo levantamento da fauna pleistocênica no estado de Pernambuco. Foram encontrados restos fósseis de diversos gêneros conforme o quadro abaixo.

Quadro 2 - Fauna Pleistocênica no estado de Pernambuco

Táxon	Tamanho	Fonte
	Megamamífero	
<i>Eremotherium laurillardii</i>		Silva et al. (2007)
<i>Notiomastodon platensis</i>		Silva et al. (2007)
<i>Todoxon platensis</i>		Silva et al. (2007)
<i>Xenorhinotherium bahiense</i>		Silva et al. (2007)

	Grande mamífero	
<i>Equus (A.) neogeus</i>		Silva et al. (2007)
<i>Glyptotherium cf. cylindricum</i>		Oliveira et al. (2010)
<i>Hippidion principale</i>		
<i>Holmesina paulacoutoi</i>		Oliveira et al. (2009)
<i>Myloodonopsis ibseni</i>		Silva et al. (2010)
<i>Neuryurus sp.</i>		
<i>Palaeolama major</i>		Silva et al. (2007)
<i>Pachyarmatherium brasiliense</i>		Oliveira et al. (2013)
<i>Panochthus sp.</i>		
<i>Smilodon populator</i>		

Fonte: O autor

Para além das informações exclusivamente taxonômicas, os tanques podem fornecer dados cronológicos e paleoambientais de suma importância. O tanque localizado no distrito de Fazenda Nova, Município de Brejo da Madre de Deus foi escavado sistematicamente e forneceu um registro cronológico que vai muito além do limite Pleistoceno Holoceno (ALVES, 2007; SILVA, 2013; OLIVEIRA et al., 2009). Os dados foram revisados e novas escavações revelaram idades relacionadas com o UMG. Artefatos líticos de matéria prima exógena ao tanque foram encontrados no nível superior. Segundo Silva (2013), o material escavado deste tanque não sofreu transporte de longa distância e não teria sofrido retrabalhamento intenso. Para a pesquisadora há indício da ação de pisoteio (*trampling*) como fator de quebra e possível desarticulação. Estes dados serão abordados com mais detalhes no próximo capítulo.

Alguns autores perceberam o potencial arqueológico dos tanques, embora nem sempre os dados sejam tão robustos a ponto de sustentar uma genuína interação. Num tanque localizado na fazenda São José, município de Poço Redondo no estado de Sergipe, foi encontrado um dente de *Eremotherium laurillardii* com marcas que foram interpretadas como sendo resultantes de ação humana (DANTAS et al., 2012). É admirável que os pesquisadores estavam com um olhar atento a possível interferência antrópica nos depósitos de tanques, contudo, embora o artigo apresente o registro fotográfico de sulcos paralelos na superfície do dente, carece de

outros dados. A ausência de uma secção estratigráfica com a devida localização do fóssil, bem como a datação do nível estratigráfico foram alvos de críticas (HUBBE et al. 2013). Estes autores mencionaram a presença de artefatos líticos, mas não fica claro se eles estariam no interior do tanque ou no entorno. O artigo em si traz poucos dados, por outro lado, poderia ser utilizado como ponto de partida para uma escavação no local. Também não foram apresentados os critérios e métodos de análise para confirmar se as marcas são antropogênicas. Portanto, para fins de uma possível interação homem-fauna, o mesmo pode ser considerado inconclusivo.

5.2 O Tanque de Fazenda Nova

Os depósitos de tanques são conhecidos pela preservação de fósseis pleistocênicos em todo o Nordeste brasileiro. O tanque localizado no município de Fazenda Nova, Distrito de Brejo da Madre de Deus (08° 10' 48" S e 36° 09' 36" W), na Fazenda Logradouro (SILVA, 2013), está acomodado de forma discordante sobre os granitos porfiríticos do batólito neoproterozóico de Brejo da Madre de Deus, na Província da Borborema (OLIVEIRA et al., 2009).

Os tanques veem sendo escavados e estudados sistematicamente nos últimos anos com diferentes enfoques. Alves (2007) analisou os aspectos bioestratinômicos e diagenéticos já Oliveira et al. (2009), analisou a cronologia, taxonomia e a paleobiogeografia, Araújo-Júnior et al. (2012) estudou o transporte dos restos fósseis para o interior do tanque, e Silva (2013) realizou a análise e interpretação tafonômica de sua assembleia. No total, foram quatro etapas de campo no tanque de Fazenda Nova, entre os anos de 2008 e 2012 (SILVA, 2013).

Figura 20 - Tanque Fazenda Nova.



Fonte: PALEOLAB – UFPE

Em princípio Oliveira et al. (2009), focou na cronologia baseada por EPR, estendendo a idade do tanque para muito antes do limite Pleistoceno-Holoceno. Foram obtidas idades de 58.900 ± 5.000 e 45.000 ± 4.700 anos A.P, colocando a cronologia daquela fauna num intervalo muito anterior aos grandes eventos como o UMG, o *Younger Dryas* e a chegada do Homem ao continente americano. Todavia, após a última campanha de escavação do depósito, Silva (2013) reinterpretando a seção estratigráfica avaliou uma cronologia que até então não tinha sido considerada.

A última escavação realizada neste tanque teve um viés interdisciplinar, e a adoção de método Luminescência Opticamente Estimada (LOE) o que permitiu o enquadramento do tanque numa faixa cronológica compatível com os grandes eventos paleoclimáticos e antrópicos que afetaram o Nordeste brasileiro próximo da transição Pleistoceno Holoceno. As idades são 8.420 ± 990 no nível 4 (cascalho suportado por matriz argilosa com filamentos de carbonato de cálcio), e 12.750 ± 1.500 para o nível 3 (camada de ossos em matriz argilo-arenosa) (SILVA, 2013).

Novas idades de LOE e por carbono 14 foram acrescentadas para complementar o quadro cronológico do tanque. Mas a descoberta mais importante na última escavação compreende o achado de artefatos líticos, pois, até então, não havia o enfoque arqueológico nesta pesquisa. Os líticos estavam numa camada acima dos fósseis e ao menos um deles estava associado estratigraficamente às costelas de *Eremotherium*, que não apresentavam intensos sinais de transporte (Figura 22).

Figura 21 - Artefato Lítico associado estratigraficamente a costelas de um mamífero pleistocênico, Tanque Fazenda Nova.



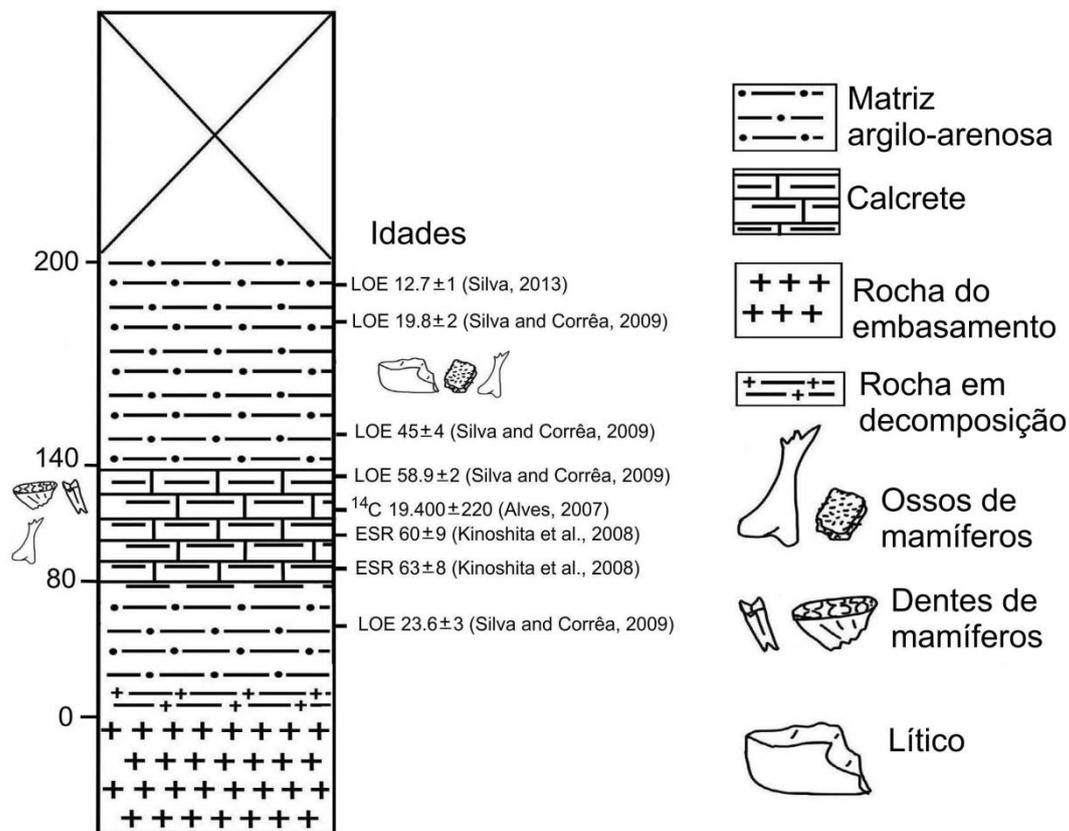
Fonte: Bélo e Oliveira, (2013)

Esta descoberta agrega nova relevância para o estudo dos tanques no Nordeste do Brasil, fazendo dos mesmos, potenciais sítios com interesse arqueológico. Embora haja a possibilidade do referido lítico ter se deslocado verticalmente por fissuras para o nível fossilífero contendo megafauna (*time-averaging*), é plausível supor que a associação estratigráfica seja uma evidência de associação cronológica, pois outros sítios no estado de Pernambuco também apresentam associações estratigráficas entre líticos e fósseis de mamíferos pleistocênicos (Lagoa da Pedra e Uri de Cima). Embora não se descarte que migrações verticais dos líticos tenham ocorrido, as evidências aportam novos dados para a sobreposição temporal entre o homem e a fauna extinta no atual território de Pernambuco. Abaixo encontra-se o primeiro registro fotográfico dos líticos encontrados nessa associação. É notável que, embora existam estudos prévios sugerindo associação física (espacial) como Conceição das Creoulas (LIMA, 1995;

PAULA, 1998), pela primeira vez foi demonstrado *in situ* a associação espacial entre líticos e fósseis em uma escavação controlada e com níveis datados por dois métodos distintos (LOE e C14).

Quando da descoberta do tanque, parte dele havia sido escavada pelo proprietário da fazenda, o que ocasionou a destruição de parte dos vestígios paleontológicos e possivelmente arqueológicos também. No entanto cerca de 50% foi deixado intacto, o que possibilitou uma escavação sistemática. Não foram encontradas marcas de corte nos fósseis, porém a presença de osteodermos bem preservados de um gliptodonte na mesma camada dos artefatos líticos não deve ser ignorada. Análises posteriores podem indicar a predação humana de gêneros que ainda não estavam extintos até o início do Holoceno.

Figura 22 -Seção estratigráfica do Tanque Fazenda Nova.



Fonte: O autor.

Esses dados são indicadores de uma associação estratigráfica entre o homem e a mastofauna extinta, mas os dados de LOE indicam um lapso temporal muito amplo que vai de 12.7 a 45/58.000 A.P. Por enquanto, os resultados do LOE parecem indicar sinais de mescla-temporal. Não há datações de ossos ou líticos. A data coerente com as idades mais aceitas para a entrada do homem na América do Sul são pós UMG (isto é <17.000 anos). SILVA (2013) chegou as seguintes conclusões sobre a tafonomia do sítio:

“Apesar do alto grau de desarticulação e fragmentação, é provável que o material não tenha sofrido transporte de longa distância ou retrabalhamento, pois além de não haver orientação preferencial dos bioclastos a análise morfoscópica dos grãos revelou que a maior parte do sedimento é proveniente de área fonte próxima ao depósito, além disso,

seria necessário um evento de alta energia para que houvesse o retrabalhamento dos ossos, considerando a densidade dos mesmos e a morfologia do depósito. Além disso, a presença de descamação em parte do material apoia a hipótese de que o material sofreu pisoteio (trampling)” (SILVA, 2013, p. 79).

Embora a sua pesquisa de Silva (2013) não enfoque a relação homem-fauna, pode-se esboçar o seguinte cenário: há um contato entre o homem e a fauna pleistocênica há cerca de 12.000 anos, todavia não se trata de um panorama da extinção, pelo contrário, apesar do contato, a fauna não se extingue e produz o pisoteio nos fósseis que já se encontravam depositados. Os dados fornecidos pelo Tanque da Fazenda Logradouro, não são suficientes para determinar se o homem teve participação no processo de extinção, todavia são satisfatórios para atestar a sua presença. Eventos tafonômicos de pisoteio podem indicar que a fauna e os sedimentos tenham sido mesclados.

O fato positivo é que os artefatos, compreendidos basicamente por seixos lascados, muito provavelmente não foram rolados até o interior do tanque (ou pelo menos não vieram de uma grande distância). O lascamento é tosco, mas são perceptíveis os gumes cortantes. Podem ter sido utilizados para fins de subsistência de populações pré-históricas que habitavam a região Nordeste entre o final do Pleistoceno e início do Holoceno. Alguns destes líticos se assemelham ao material encontrado no Sítio TJBA no Piauí e estão incrustados por CaCO_3 . Tendo em vista que estas concreções são formadas pela dissolução e precipitação do carbonato de cálcio, ao invés de serem depositadas, implica que os líticos são anteriores a formação do calcrete. É muito provável que não houve migração vertical destes líticos, considerando que os mesmos estão espacialmente associados a costelas de mamífero que não apresentavam sinais de transporte, a não ser quebra-duras em sequência. Isto, evidentemente pode ter implicações cronológicas significativas para o estudo das relações homem fauna.

Figura 23 - Ferramenta Lítica, Tanque Fazenda Nova.



Fonte: Bélo, (2012)

Figura 24 - Peça Lítica com sinais de polimento na face anterior e posterior, Tanque Fazenda Nova.



Fonte: Bélo, (2012)

Figura 25 - Ferramenta com gume cortante, Tanque Fazenda Nova.



Fonte: Bélo, (2012)

Figura 26 - Ferramenta associada aos fósseis; apresenta incrustação carbonática (Tanque Fazenda Nova).



Fonte: Bélo, (2012)

Figura 25 - Ferramenta (vista posterior), Tanque Fazenda Nova.



Fonte: Bélo, (2012)

Figura 26 - Ferramenta (vista anterior), Tanque Fazenda Nova.



Fonte: Bélo, (2012)

A pequena quantidade de artefatos encontrados se deve possivelmente a escavação inicial conduzida pelo proprietário que pode ter descartado esse tipo de material, bem como às primeiras campanhas de escavação paleontológicas que não possuíam um arqueólogo na equipe. Só recentemente, este tipo de depósito foi considerado como uma potencial fonte de vestígios arqueológicos. Por isso, somente com um levantamento de dados em maior escala será perceptível compreender a extensão da participação humana na formação destes depósitos.

Diante deste panorama, somente novas datações diretamente em materiais ósseos e no carbonato dos líticos deverão contribuir para elucidar melhor a questão.

Até o presente momento o sítio arqueológico e paleontológico que fornece os melhores dados sobre uma possível interação homem-fauna durante o final do Pleistoceno e início do Holoceno, para o estado de Pernambuco, é o sítio Uri de Cima. Trata-se de um paleolagoa que apresenta três tipos de vestígios importantes para entendimento de possíveis relações homem fauna, sendo eles: fósseis de mamíferos pleistocênicos, artefatos líticos e a presença de nível carbonático do tipo calcrete (Mützemberg et al., 2013). Este sítio foi escavado com maior rigor metodológico do que o sítio Lagoa da Pedra, no mesmo município.

5.3 Sítio Uri de Cima

O sítio arqueológico e paleontológico Lagoa Uri de Cima, localizado no município de Salgueiro-PE, compreende uma lagoa quaternária rica em vestígios paleontológicos (fósseis de mamíferos pleistocênicos) e artefatos líticos. Sua sequência de idades apresenta uma interessante crono-correlação com os sítios Tamanduá de Cima e o tanque de Fazenda Nova. A lagoa possui as dimensões de 199 m de comprimento e 92 m de largura. Trata-se de um sítio a céu aberto localizado nas coordenadas 39°10'35"W e 8°04'42"S. Está situada numa área marcada por inselbergs e maciços graníticos com encostas bastante acentuadas, intercaladas por pediplanos, de solos arenosos, distróficos e de baixa fertilidade e por uma grande quantidade afloramentos rochosos (Mützenberg et al., 2013).

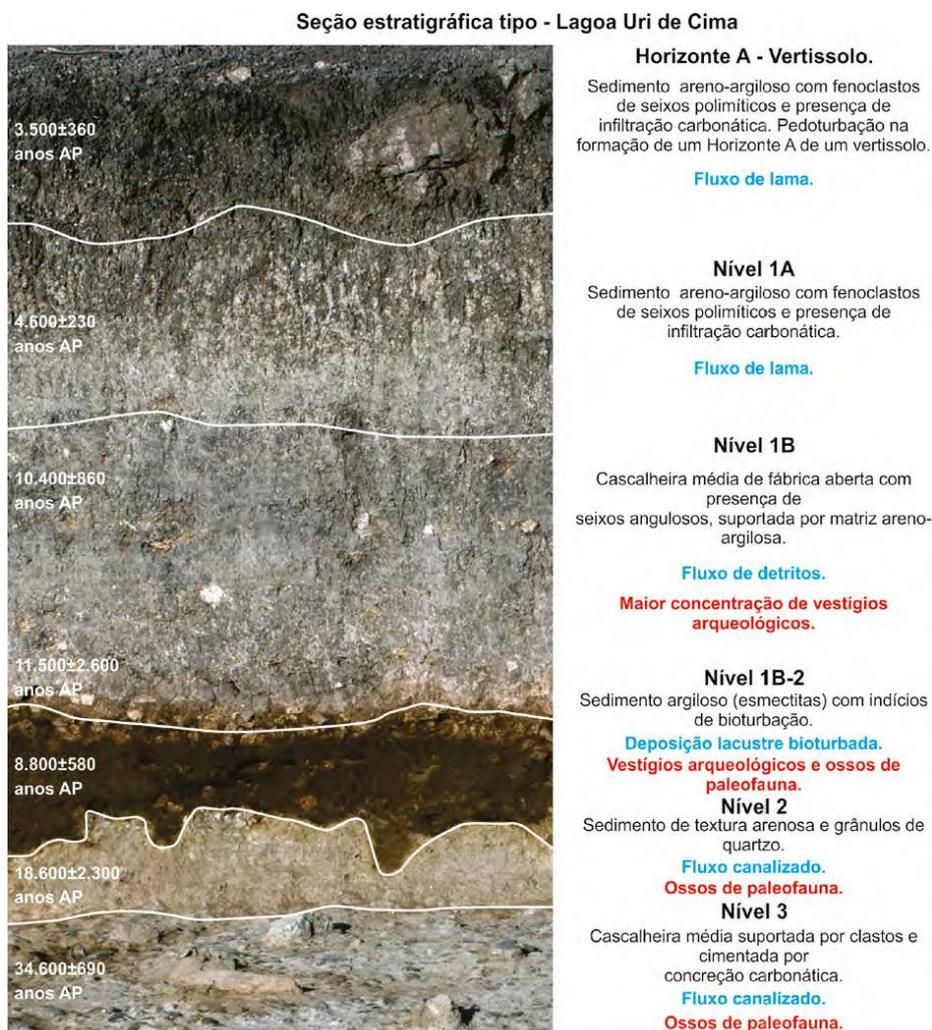
Durante prospecções de superfície realizadas por equipes do Instituto Nacional de Arqueologia, Paleontologia e Ambiente do Semiárido (INAPAS), foram encontrados artefatos líticos em uma lagoa sazonalmente seca. Após a escavação arqueológica, foram achados 2.754 vestígios líticos, com uma com uma grande concentração de ferramentas.

Os líticos estavam distribuídos em quatro níveis (1A, 1B, 2 e 3), o nível 1B é o mais abundante em vestígios, com cerca de 60% dos achados. Corresponde a uma ocupação arqueológica entre 13.700 ± 430 até 8.000 ± 570 anos A.P (LOE). A idade mais antiga para este nível se encaixa com a janela cronológica mais aceita para a chegada do homem na América do Sul. Já o nível 2, possui poucos vestígios líticos e está datado entre 25.000 e 18.000 anos A.P. Este nível se destaca pela grande quantidade de fauna pleistocênica e por corresponder ao UMG. Cabe aqui algumas breves considerações. Tendo em vista que a datação da grande quantidade de fósseis está cronologicamente relacionada ao UMG, é plausível supor que as mudanças climáticas deste período glacial podem ter iniciado e conduzido a extinção da megafauna, e que as populações pré-históricas estariam estabelecidas no local (ao menos de modo mais representativo) somente após o evento do UMG. Portanto, não se descarta que o homem teve contato com a Megafauna (massa corporal > 1000kg), mas que provavelmente só se estabeleceu no local depois do evento de extinção, induzido pelas mudanças climáticas e ambientais do UMG.

A sequência estratigráfica ou de níveis do sítio revela uma associação que cronoestratigraficamente coincide com o intervalo de tempo dos líticos dos sítios Toca

da Janela da Barra do Antonião (PI) e do Tanque de Fazenda Nova (PE), conforme os níveis 1B e 1B-2. Já o nível 2 corresponde ao UMG, datado em 18.600 anos A.P. Esta última idade se correlaciona às idades do sítio Tamanduá de Cima, onde importantes dados climáticos e ambientais sugerem que os efeitos dessas mudanças climáticas possam ter impactado diretamente a extinção da megafauna em todo o Nordeste brasileiro.

Figura 27 - Perfil litológico da Lagoa Uri de Cima.

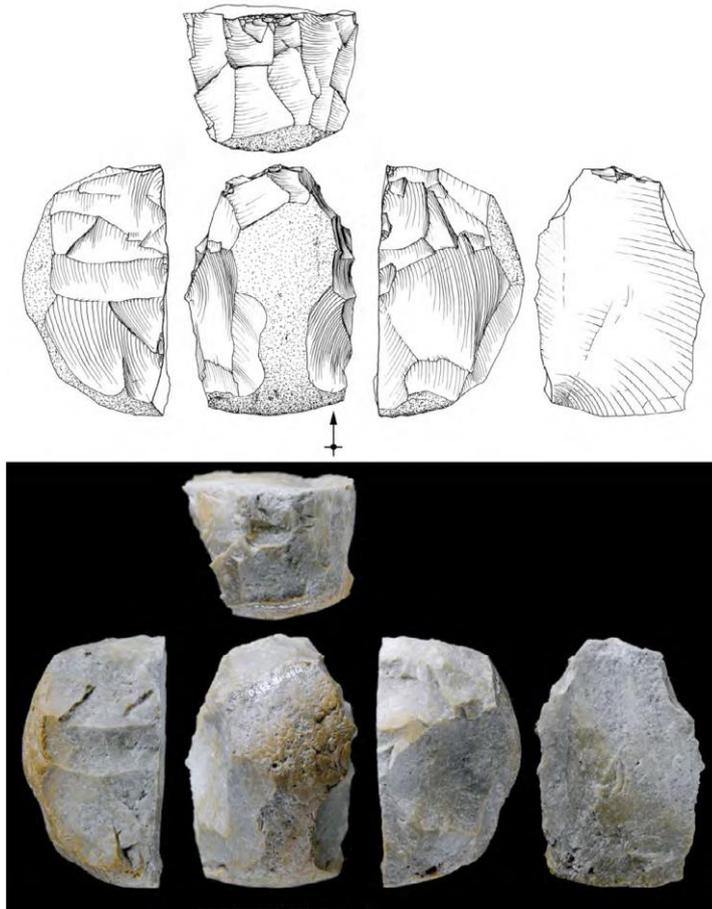


Fonte: Mützemberg et al. (2013).

Segundo Lourdeau e Pagli (2013) a indústria lítica do sítio Uri de Cima é contemporânea da Tradição Itaparica. Desse modo, para efeitos desta Tese pode-se

conjecturar que estas indústrias (Itaparica e a registrada em Uri de Cima) são os melhores vestígios da ocupação pré-histórica do estado de Pernambuco. No Nível 1B, o mais rico em vestígios arqueológicos, foram encontradas escavações, que atravessavam o nível de calcrete. Para Lourdeau e Pagli (2013) alguns destes dos líticos encontrados, podem ter sido utilizados para escavar as concreções. Sabendo-se que as concreções carbonáticas que recobrem os fósseis foram formadas em processo posterior a morte e deposição destes animais, pode-se inferir que quando o homem pré-histórico chegou ao local que hoje chamamos de Sítio Uri de Cima, o calcrete já estava formado ou em processo de formação, tendo em visto que líticos foram produzidos para escavá-lo. É provável que as mudanças ambientais induzidas pelo UMG tardio, entre 20.000 e 18.000 anos A.P tenham impactado de maneira negativa a megafauna. Como há associação estratigráfica entre líticos e fósseis, é bem provável que houve a coexistência entre os indivíduos que produziram aqueles líticos e a fauna pleistocênica. No entanto, não há indícios de que aquela assembleia fóssil foi acumulada por ação humana.

Figura 28 - Artefatos em sílex associados diretamente ao calcrete da lagoa Uri de cima.



Fonte: LOURDEAU e PAGLI (2013).

Este sítio é de grande relevância pois sugere que o homem e a megafauna podem ter sido contemporâneos no nível orgânico bioturbado, situado entre as camadas datadas em 18.600 e 11.500 anos AP (Figura 32). Todavia, não traz informações sobre uma associação comportamental. Até o presente momento não foram identificadas marcas de corte nos fósseis, nem qualquer padrão de fraturas que possa ser atribuído a ação humana.

5.4 Abrigo Toca da Janela da Barra do Antônio

Como vimos anteriormente, o Sítio TJBA, um abrigo sob rocha calcária – está localizado no sudeste do estado do Piauí, município de Coronel José Dias no entorno do Parque Nacional Serra da Capivara. Situa-se entre as seguintes coordenadas geográficas: a 08°48'09"S e a 42°25'01"W, sua orientação é SE / NW, a 397m de altitude, com abertura para NE, possuindo 180m de largura por 28 m de profundidade (GUIDON, 1991; GUÉRIN et al, 1996 e 1993).

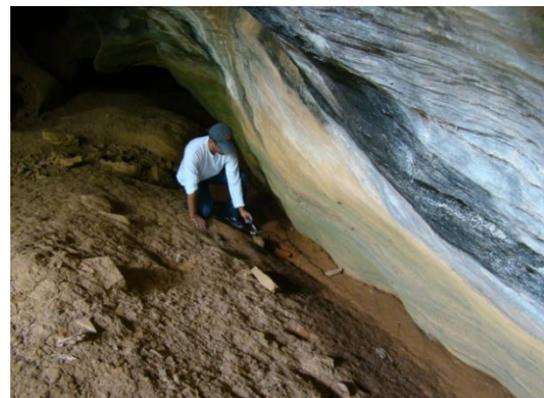
Este sítio encontra-se sobre a área recoberta pelo embasamento pré-cambriano, todavia o abrigo propriamente dito está encravado num enorme paredão calcário metamorfozido, sobre o qual ainda podem ser observados vestígios de registro rupestre. Este paredão foi o responsável, junto com ação da água, pela preservação da assembleia fóssil no interior de suas cavidades calcárias.

Figura 30 - Paredão cártístico, TJBA



Fonte: O autor

Figura 29 Sítio TJBA, detalhe do abrigo



Fonte: O autor

O Serrote do Antônio é o maior maciço calcário desta área, com uma superfície de 0,3 Km², inserido no cinturão cártstico pré-cambriano de 10 km de comprimento, que contorna o Parque Nacional Serra da Capivara. Este cinturão apresenta-se como um conjunto de maciços calcários, os quais, evidenciam a existência de um gigantesco paleo-carste. Sua base encontra-se abaixo do nível de sedimentação de seu entorno, o que faz do sítio o ponto de convergência das águas superficiais durante os períodos chuvosos. Compreende, portanto, um grande abrigo

de formação cárstica, situado na entrada de galerias subterrâneas de um afloramento calcário pertencente à planície pré-cambriana (GUIDON, 1991; GUÉRIN et al., 1996).

No que se refere aos vestígios paleontológicos, foram encontrados 50 taxa de mamíferos, a saber: Marsupiais: *cf. Didelphis albiventris*, *Monodelphis domestica*, *Marmosa cf. cinerea*; preguiças terrestres: *Catonyx sp.*, *Eremotherium laurillardi* e *Xenocnus sp.* (?); dasipodídeos: *Dasypus sp.* e o tatu gigante *Pampatherium humboldti*; gliptodontes: *Hoplophorus euphractus*, *Panochthus greslebini*, e *Glyptotherium sp.* (ex *Glyptodon clavipes*); morcegos *Pteronotus parnellii*, *Tonatia bidens*, *Phyllostomus hastatus*, *Artibeus jamaicensis*, *Myotis sp.*, *Molossus molossus*, *Tadarida brasiliensis*; roedores *Holochilus brasiliensis*, *Akodon cf. cursor*, *Calomys callosus*, *Oryzomys cf. subflavus*, *Oryzomys sp.*, *Thricomys apereoides*, *Kerodon rupestris*, *Galea spixii*, *Agouti paca*; carnívoros: *Protocyon troglodytes*, *Cerdocyon thous*, *Canidae indet.*, *cf. Speothos* ou *Cerdocyon*, *Mustelidae indet.*, *Felis yagouaroundi* e *Smilodon populator*; litopternos: *Xenorrhinotherium bahiense*; notoungulados: *Toxodon sp.*; proboscídeos: *Notiomastodon platensis*; equídeos: *Hippidion principale* e *Equus (A.) neogaeus*; peccaris: *Dicotyles tajacu* e *Tayassu pecari*; camelídeos: *Palaeolama niedae*; cervídeos: *Mazama gouazoubira M. americana*, e o grande cervídeo *cf. Blastocerus* (GUÉRIN et al., 1993).

Também é possível destacar os gêneros *Eremotherium*, *Catonyx*, *Notiomastodon* e *Equus* como bons marcadores biocronológicos para o Pleistoceno. Já *Palaeolama* sobreviveu até o início do Holoceno, nas zonas tropicais e intertropicais do continente Sul-Americano, particularmente no Brasil (GUÉRIN et al., 1996). Para Guambéri (1991), a associação destes fósseis ao material lítico, com evidências de que tinham sido quebrados pela ação humana, são “evidências irrefutáveis da contemporaneidade entre o homem e a megafauna”.

O abrigo TJBA constitui uma das raras evidências no Brasil de associação estratigráfica direta entre grandes mamíferos e artefatos arqueológicos. Bélo (2012) e Bélo e Oliveira (2013) selecionaram espécimes de mega e grandes mamíferos para análise microscópica. Esse tipo de análise paleofaunística compreende uma parte fundamental no estudo tafonômico das alterações em superfícies ósseas (Figura 34), possibilitando a identificação precisa do agente causador da alteração, que pode ser de origem físico-química, biológica ou antrópica.

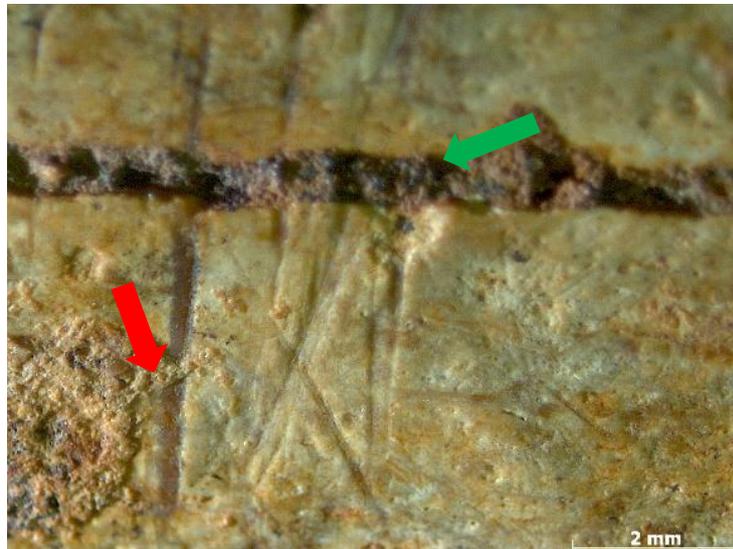
Figura 31 - Úmero de *Hippidion* com marcas antrópicas e fratura, Sítio TJBA



Fonte: Bélo (2012).

O estudo microscópico possibilitou a identificação de assinaturas tafonômicas compatíveis com a atividade antrópica, como marcas de corte paralelas com seções em “V”, padrões de fraturas a afundamento da superfície compacta. Bélo (2012) observou que os sulcos presentes nos ossos eram anteriores ao processo de fossilização devido a presença de incrustações minerais que se sobrepunham aos sulcos e pela existência de uma fissura preenchida por minerais que seccionou os sulcos (Figura 35). Estes padrões se assemelham muito aqueles identificados por Shipman e Rose (1983 a, 1983 b).

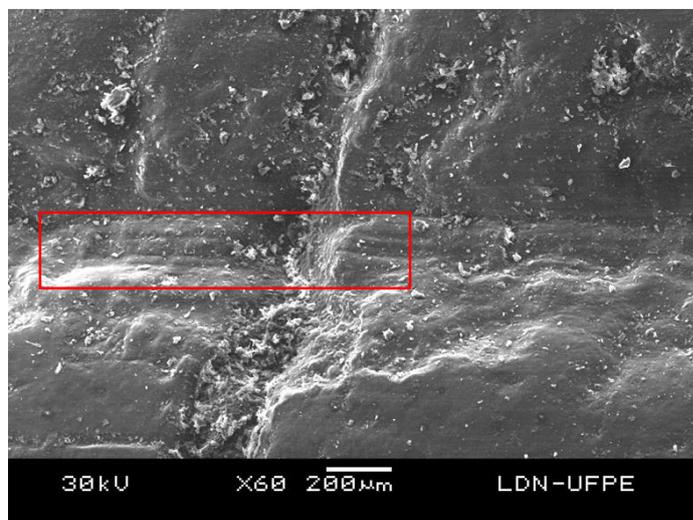
Figura 32 - Sulcos interrompidos (seta verde) e preenchidos (seta Vermelha) em úmero de *Hippidion* TJBA.



Fonte: Bélo (2012)

A descoberta de microestrias no interior dos sulcos observados a partir de microscopia eletrônica de varredura, proporciona evidências sólidas para atividade antrópica sobre ossos de *Hippidion* encontrados no Sítio TJBA (Figura 36).

Figura 33 - Estrias internas dos sulcos



Fonte: Bélo (2012)

A documentação do sítio TJBA referente aos cortes estratigráficos demonstra a associação física (estratigráfica) entre fósseis e líticos, como resultado de uma associação entre homem e grande fauna por meio de práticas comportamentais relacionadas ao “*butchering*” (descarne). As datações do sítio indicam evidências de caça em grandes mamíferos extintos no Holoceno Inicial.

Já no que concerne aos padrões de quebra dos ossos, foi observada a presença do padrão irregular perpendicular, indicativo de uma quebra de osso em seu estado fresco, ou seja, não fossilizado conforme os padrões definidos por Fisher (1995) e Lyman (2001).

Figura 34 - Fratura irregular perpendicular em rádio de *Hippidion*.



Fonte: Bélo (2012)

Ossos com afundamento da superfície compacta e esponjosa compreendem indícios de atividades de quebra intencional, com o objetivo de acessar a medula. Este tipo de assinatura tafonômica foi denominado por Johnson e Bemente (2009) de *impact blow*, sendo encontrado dentro de assembleia fóssil resultante de atividades de descarne. No sítio TJBA foi encontrado um padrão semelhante, conforme pode ser visto na figura 38.

Figura 35 - Afundamento da superfície óssea em tíbia de *Hippidion* (TJBA).



Fonte: Bélo (2012)

Em relação aos líticos, com base nas pesquisas realizadas até o ano de 1996, foi identificada uma grande quantidade de artefatos (1796), dentre estes 495 são holocênicos enquanto 27 seriam, provavelmente, pleistocênicos. As matérias primas utilizadas nestes últimos são o quartzo, quartzito e o sílex, e compreendem seixos lascados monofacialmente, denticulados, lascas retocadas e perfuradores (GUÉRIN E PARENTI, 1996).

Figura 38 - Ferramenta Lítica, TJBA



Fonte: Bélo (2012)

Figura 39 - Ferramenta Lítica, TJBA



Fonte: Bélo (2012)

O Sítio TJBA combina diversas evidências tafonômicas que sugerem uma interação física entre o homem pré-histórico e a fauna pleistocênica. No entanto, esta

interação está demonstrada de modo consistente apenas para o gênero *Hippidion*, uma vez que para as demais somente se pode constatar uma associação estratigráfica, que não é suficiente para confirmar uma atividade de caça ou descarte. Estes dados implicam que o homem pré-histórico durante o final do Pleistoceno e início do Holoceno abateu uma fauna de grande porte (< 1000 kg), mas não uma fauna de mega porte (> 1000 kg). Para efeitos desta tese, estes dados sugerem que a extinção por fatores ambientais afetou primeiramente a fauna de porte mega, enquanto que a fauna de grande porte (e.g. *Hippidion*) sobreviveu ao limite Pleisto-Holoceno e foi caçada e descarnada pelo homem pré-histórico.

6 CRONOLOGIA DA EXTINÇÃO NA AMÉRICA DO SUL

6.1 Introdução

Este capítulo tem por objetivo abordar algumas cronologias para o intervalo da extinção. As idades aqui apresentadas foram selecionadas com base nos critérios mais rigorosos, como os que foram elencados por Barnorky e Lindsey (2010). Não há aqui a intenção de analisar em detalhe cada uma dessas datações, mas sim, apresentar de modo objetivo quais seriam os intervalos cronológicos mais coerentes para a extinção da fauna pleistocênica, considerando a cronologia e o seu contexto paleoambiental.

A cronologia por si só não é capaz de esclarecer as causas da extinção, mas, permite ao pesquisador criar intervalos de tempo e associá-los ao contexto dos sítios em uma escala regional. Como será apresentado a seguir, as datações servem para se estabelecer sobreposições cronológicas entre a presença humana, a distribuição dos mamíferos pleistocênicos e possíveis eventos paleoclimáticos que podem ter influenciado o processo de extinção. As idades podem servir para corroborar ou refutar hipóteses, e para cada tipo de sítio há diferentes métodos de datação aplicados. Também, para cada tipo de vestígio há métodos de datação mais adequados. Artigos que não informam o tipo de método empregado para datação ou não citam a proveniência estratigráfica do material datado, não são adequados para um levantamento cronológico.

Ante o acima exposto, este capítulo visa apresentar uma síntese de dados cronológicos e suas interpretações, com o intuito de esclarecer o contexto no qual pode ter ocorrido a extinção da fauna pleistocênica.

6.2 Datações e seus critérios

Para começar, Borrero (2009) concentrou seu levantamento cronológico no intervalo entre 14.800 a 8.000 anos AP, período no qual a maioria das evidências e reivindicações para a presença de humanos na América do Sul está concentrada.

Outros autores também consideram a presença humana na parte sul do continente por volta de 14.500 anos AP (Dilehay et al., 2008; Dilehay, 2009; Rothhammer e Dilehay, 2009) ou aproximadamente 13.000 anos AP (Miotti et al,

2003). Borrero (2009) desconsiderou deliberadamente as reivindicações para a presença humana que supostamente atingiram 40.000 anos atrás (Beltrão et al., 1986; Guidon e Delibrias, 1986), por considerar que esses sítios não oferecem evidências sólidas para a presença de humana, muito menos para associação com a megafauna do Pleistoceno. Neste caso, seu posicionamento contrário à antiguidade de determinados sítios, refletiu na escolha de seus dados. Ele selecionou idades de diversos sítios provenientes de vários países da América do Sul, como Argentina, Brasil, Bolívia, Chile, Peru e Venezuela. Seus dados, permitiram uma boa visualização cronológica numa escala regional. As idades selecionadas dos sítios brasileiros variam entre 15.530 e 9.330 anos AP, sendo a maior parte referente ao sítio arqueológico Lapa Vermelha IV (MG), obtidas através de datações de carvões por Carbono 14. As idades selecionadas se encaixam no recorte temporal definido pelo autor, não correspondendo a totalidade de datações confiáveis para os sítios brasileiros. Ele não menciona as idades para os sítios localizados no Nordeste Brasileiro, por exemplo. O Abrigo de rocha Santa Elina, localizado no estado do Mato Grosso, tem idades radiométricas entre 23.320 – 10.120 anos AP e apresenta evidências de associação estratigráfica entre artefatos líticos e osteodermos de *Glossotherium* que foram possivelmente trabalhados pelo homem. No entanto, a possibilidade de migração vertical destes elementos ósseos fez com que o autor os excluísse do grupo de datações mais confiáveis. Contudo, a datação de um crânio de *Glossotherium* (12.770 anos AP) do sítio Lajeado dos Fósseis em Alegrete no Rio Grande do Sul foi considerada confiável por Borrero (2009).

Tabela 2 - Datações dos Sítios Arqueológicos Brasileiros

<i>Site</i>	Date(BP)	Lab	Material	Source
Lapa Vermelha	10,200 ± 220	Gif-3727	Charcoal	Delibrias et al, 1986; Prous, 1986:174
Lapa Vermelha IV	11,680 ± 500	Gif-3726	Charcoal	Schmitz, 1987; Prous, 1986:174
Lapa Vermelha IV	12,960 ± 300	Gif-3906	Charcoal	Delibrias et al, 1986
Lapa Vermelha IV	15,300 ± 400	Gif-3905	Charcoal	Delibrias et al, 1986
Lapa Vermelha	9,580 ± 200	Gif-3208	Charcoal	Delibrias et al, 1986
Lapa Vermelha IV	9,330 ± 60	Beta-84439	Charcoal	Prous, 1986:176–177
Lajeado dos Fosseis	12,770 ± 220	SI-801	<i>Glossotherium myloides</i> bone	Schmidt Días and Jacobus, 2003:42

Fonte: Borrero (2009).

Entre os dados cronológicos levantados por Borrero (2009) pode-se destacar as datações obtidas para os sítios localizados no Chile. O Sítio Taguatagua apresenta associação estratigráfica entre artefatos líticos e ossos de mastodonte, e foi datado entre 11.400 e 11.000 anos AP. Ainda mais relevante é o sítio Taguatagua 2, datado em 10.190 – 9.700 anos AP. Neste sítio foram encontrados restos de mastodonte associado com duas pontas de projétil do tipo Caverna Fell, além de fragmentos de presa trabalhados com desenhos geométricos. Este sítio é uma das melhores evidências que sustentam a interação comportamental homem-fauna. Já Monte Verde é um sítio arqueológico localizado no centro-sul do Chile, datado em 12.500 anos AP, com centenas de restos de mastodonte e um osso de *Palaeolama*. A maioria das evidências relacionada às atividades humanas é feita de madeira ou plantas em geral. Foram encontrados ossos de mastodonte e couro datados em 11,990 ± 200 AP e 12,000 ± 250 AP. Segundo Borrero, (2009) as atividades humanas no sítio não indicam a exploração de mastodonte ou de *Palaeolama* para subsistência.

Por fim, este autor considera que embora haja muitas evidências de fósseis de megamamíferos, há poucas evidências da interação comportamental entre o homem e a fauna extinta no Brasil.

Tabela 3 - Datações dos Sítios Arqueológicos Taguatagua e Monte Verde, Chile.

<i>Site</i>	Date(BP)	Lab	Material	Source
Tuina 5 EIV	10,820 ± 630	SI-3112	<i>Equus sp.</i> sacrum	Cartajena et al., 2005
Taguatagua 1	11,000 ± 170	-	-	Montané, 1968
Taguatagua 1	11,320 ± 300	-	-	Montané, 1968
Taguatagua 1	11,380 ± 320	GX-1205	Charcoal	Nuñez et al., 1994; Montané, 1968
Taguatagua 2	9,900 ± 100	Beta-45519	Charcoal	Nuñez et al., 1994
Taguatagua 2	10,190 ± 130	Beta-45520	Charcoal	
Taguatagua 2	9,710 ± 90	Beta-45518	Charcoal	Nuñez et al., 1994
Monte Verde MV-7	12,740 ± 440	TX-5375	Wood	Dillehay and Pino, 1997
Monte Verde MV-7	12,650 ± 130	TX-4437	Wood	Dillehay and Pino, 1997
Monte Verde MV-6	12,450 ± 150	OXA-381	Wood	Dillehay and Pino, 1997
Monte Verde MV-6	12,230 ± 140	Beta-6755	Wood	Dillehay and Pino, 1997
Monte Verde MV-6	12,000 ± 250	OXA-105	Ivory	Dillehay and Pino, 1997
Monte Verde MV-6	11,990 ± 200	TX-3760	Bone	Dillehay and Pino, 1997
Monte Verde	13,565 ± 250	TX-3208	Charcoal	Dillehay and Pino, 1997
Monte Verde MV-6	11,790 ± 200	TX-5374	Wood	Dillehay and Pino, 1997
Monte Verde MV-6	11,920 ± 120	TX-5376	Wood	Dillehay and Pino, 1997
Monte Verde MV-7	12,780 ± 240	Beta-59082	Burned artifact	Dillehay and Pino, 1997
Monte Verde MV-7	12,420 ± 130	Beta-65842	Wood	Dillehay and Pino, 1997

Fonte: Borrero (2009).

Um trabalho que aborda em detalhe a cronologia da extinção é o de Barnorky e Lindsey (2010), os quais sugerem uma sinergia entre mudanças climáticas e a chegada do homem em diversas regiões do continente americano como a principal causa para a extinção. Eles avaliaram 138 datações publicadas para a megafauna e 402 datações para sítios arqueológicos referentes a ocupação inicial da América do Sul, com idades superiores a 8.000 anos AP. Desse montante, foram selecionadas 93 datações para a mastofauna pleistocênica (abrangendo 15 gêneros distintos), e 110 datações arqueológicas, consideradas pelos autores, robustas o suficiente para se avaliar a correspondência entre a última aparição da megafauna, as evidências das primeiras aparições do homem na América do Sul e os dados climáticos para o *Younger Dryas*. O estudo de Barnosky e Lindsey (2010) corresponde a uma das mais completas avaliações cronológicas sobre a extinção da megafauna na América do Sul.

Foram estabelecidos critérios para as datações por ^{14}C , formando um ranking com pontuação de 1 a 5, sendo o valor 5 atribuído às evidências mais significativas para se definir as idades mais confiáveis, conforme os dados no quadro 3. Sua metodologia inclui seleção de informações relevantes tais como: os gêneros e as espécies da megafauna, dos sítios arqueológicos com mais 8.000 anos e sobre estudos palinológicos e paleoambientais que abordassem o *Younger Dryas* e a transição Pleistoceno-Holoceno.

Quadro 3 - Critérios para datação por ^{14}C

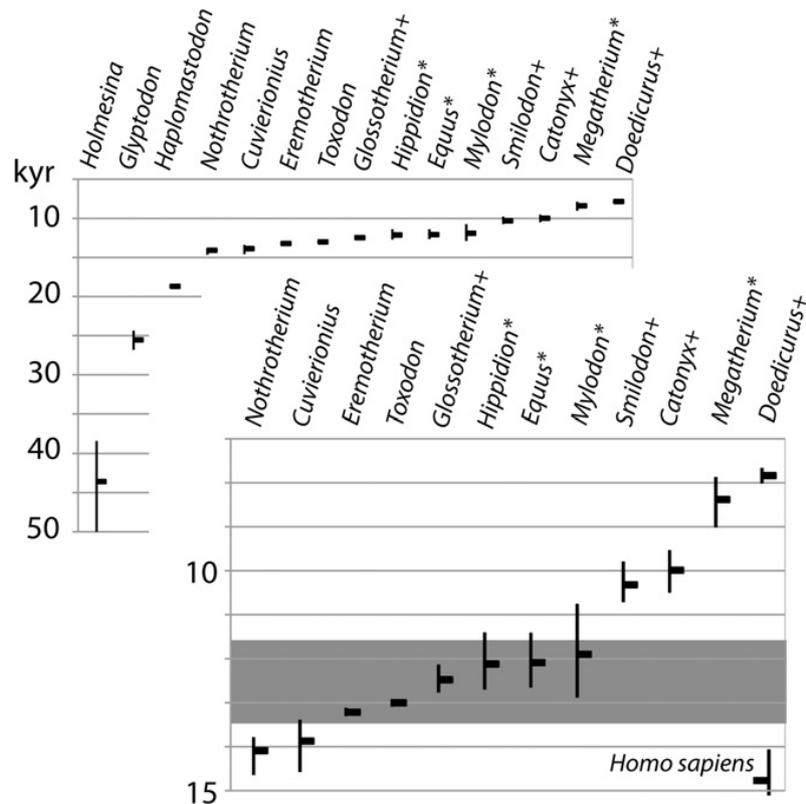
Material	Pontuação
Colágeno	5
Coprólito	5
Couro	5
Pelo	5
Apatita	3
Osso inteiro	1
Carvão	6
Madeira	5
Turfa	3
Lama orgânica	3
Solo	3
Concha	2

Carbonato	1
Associação estratigráfica do espécime com o material datado	
Datação direta	5
Datação no mesmo extrato do espécime	3
Datação em material acima do espécime	2
Datação em material abaixo do espécime	2
Datação associada	1
Associação de material datado com evidência arqueológica	
Datação de restos humanos	5
Mesmo nível da assembleia	4
Fogueira	3
Artefato único	3
Provável fogueira	2
Butchering (descarne)	2

Fonte: Barnosky e Lindsey (2010)

Estes critérios foram definidos visando à obtenção de idades mais confiáveis. Não refletem em si a validade para uma determinada hipótese para a extinção da megafauna. Por exemplo, o descarne recebeu uma pontuação baixa, pois esta atividade não traz informações cronológicas substanciais, mas sim informações sólidas sobre a interação homem-fauna. Já a presença de fogueiras, que são excelentes marcadores cronológicos e de ocupação, recebeu uma pontuação baixa devido ao risco de terem sido produzidas por incêndios naturais. De qualquer forma, o relevante é que os autores não apenas utilizaram as datações, mas as analisaram de forma crítica deixando os critérios bem definidos. Com bases nestas idades eles perceberam uma possível sinergia entre a idade da chegada do homem ao continente americano e as idades para extinção por eles selecionadas conforme apresentado na figura 36.

Figura 36 - Datas para a última aparição da megafauna e a primeira aparição humana na América do Sul.



Fonte: Barnosky e Lindsey (2010). Onde se lê *Haplomastodon* considerar *Stegomastodon*.

Na figura acima, são apresentadas as possíveis datas da última aparição da mastofauna pleistocênica e a idade da primeira aparição do homem na América do Sul. Note que o período referente ao *Younger Dryas* (YD), representado por uma faixa na cor cinza, se sobrepõe a extinção de alguns gêneros. O quadro acima apresenta uma abrangência cronológica entre 50.000 (para o gênero *Holmesina*) até 10.000 anos AP. Sobreposto a este, está outro quadro com cronologia circunscrita ao período entre 15.000 e 10.000 anos AP, sendo 15.000 a idade recuada mais provável para a chegada do homem à porção sul do continente e 10.000 anos AP correspondendo a última data de aparecimento da fauna. As barras horizontais indicam as idades radiocarbônicas calibradas, enquanto que as verticais indicam a confiabilidade das datações. Deve-se observar que alguns gêneros tiveram sua idade de última aparição dentro do intervalo de mudança climática do *Younger Dryas*, enquanto outros sobreviveram ao evento climático.

Em tese todos estes gêneros coexistiram cronologicamente, ainda que por hora não seja possível afirmar uma associação física (cultural) entre o homem e todos os gêneros apresentados. Os autores assinalam *Smilodon* e *Catonyx* (gêneros da grande fauna) com um número maior de datações confiáveis (cinco). Eles observaram com base em idades com pontuação igual a 1 a ocorrência de três grupos:

- Primeiro grupo (18.000 anos AP) – *Holmesina*, *Glyptodon*, *Stegomastodon* (*Haplomastodon*);
- Segundo grupo (18.000 – 11.000 anos AP) – *Cuveironius*, *Mylodon*, *Glossotherium*, *Nothrotherium*, *Eremotherium*, *Toxodon*, *Hippidion* e *Equus*;
- Terceiro grupo (11.500 – 8.000 anos AP) – *Smilodon*, *Catonyx*, *Megatherium* e *Deodicurus*.

Eles observaram alguns padrões relevantes. Numa escala continental, a maior parte da mastofauna tem datas de última aparição após a chegada do homem, mas aparentam ter sobrevivido por pelo menos 1.000 anos após a chegada dos humanos. Em uma escala regional os padrões são mais diversos. Na Patagônia, nos pampas argentino e uruguaio e no Brasil as extinções se apresentam com maior frequência após a chegada dos humanos e no decorrer do incremento da mudança climática entre 11.2 e 13.5 ka, o que sugere uma sinergia entre os impactos humanos e uma rápida mudança climática. Apesar destes padrões, algumas espécies persistiram por milhares de anos após a chegada do homem e o aquecimento do clima.

Para Barnosky e Lindsey (2010), se os impactos humanos foram significativos para a extinção, quer de forma direta por meio da caça ou de modo indireto através da competição por recursos, os últimos registros da mastofauna extinta devem ter sido posteriores a chegada do homem ao continente. Desse modo, a extinção deve corresponder a sequência da ocupação humana. Por outro lado, se unicamente o clima fosse o fator responsável pelo desaparecimento da fauna, os taxa deveriam ter se extinguido durante as mudanças climáticas mais pronunciadas, mas não necessariamente coincidindo com a ocupação humana. Como mencionado anteriormente esses autores defendem a coexistência entre o homem pré-histórico e duas espécies extintas, a saber: *Smilodon populator* (11.080 – 10.160 anos AP) e *Catonyx cuvieri* (11.690 – 11.270 anos AP), ambas provenientes do estado de Minas

Gerais. Contudo, algumas considerações precisam ser feitas em relação ao seu trabalho. Eles fazem uso indistinto do termo “megafauna”, sem categorizar entre mega e grandes mamíferos, como fizeram Cione et al. (2009). O gênero *Catonyx*, por exemplo, que representa uma preguiça terrícola, e *Smilodon* (tigre-dentes-de-sabre) coincidentemente possuem massa corporal inferior a 1000 kg, sendo, portanto, mamíferos de muito menor massa corporal que *Eremotherium*, *Toxodon* e *Notiomastodon*, por exemplo. Desse modo as evidências apontam para uma coexistência na região de Lagoa Santa entre o homem e representantes da não-megafauna. Os dados apontados pelos autores indicam a sobrevivência de *Catonyx* e *Smilodon* após o Younger Dryas. Coincidentemente, esse mesmo tipo de associação entre humanos e a grande fauna também foi confirmado no Sítio Toca da Janela da Barra do Antônio, com idade calibrada de 9.600 anos AP para uma comprovada associação física (cultural) entre a fauna e os humanos.

Neves e Piló, (2003) fornecem dados adicionais sobre o assunto. Entre as datações mais antigas para os vestígios dos sítios da região cárstica de Lagoa Santa está o esqueleto denominado Luzia, datado de modo indireto a partir de carvões em 11.000 – 11.500 anos AP (idade não calibrada), também um fragmento ósseo de um crânio humano com 9.780 ± 70 . No sítio Lapa das Boleiras, fogueiras foram datadas em 10.150 ± 130 AP (idade não calibrada). Já as amostras fornecidas pelo Museu de História Natural da UFMG e do museu Zoológico da Universidade de Copenhague (ZMUC) forneceram idades de 16.650 para *Equus neogeus*; 14.090 ± 50 e 13.980 ± 50 para *Catonyx cuvieri* e 9.260 ± 160 para *Smilodon populator* (as idades não foram calibradas). Os autores afirmam que os dados comprovam a convivência entre o homem pré-histórico e duas espécies de fauna extinta, *Catonyx cuvieri* e *Smilodon populator*.

Já as datações atribuídas ao gênero *Hippidion* na Argentina são muito significativas, permitindo possíveis correlações temporais com sítios brasileiros. Foram obtidas idades entre 13.000 e 8.000, o que corrobora sua última aparição no Holoceno (Alberdi et al. 1987).

O pressuposto no qual integrantes da grande fauna sobrevivem às mudanças climáticas e interação com o homem é de fundamental importância para a compreensão da presente Tese. Os dados apresentados por Barnosky e Lindsey (2010) também estão em consonância com Graham (2001, 2003), o qual indica que após a reversão do clima os animais de grande porte tiveram as suas áreas de

ocorrência fragmentadas e, portanto, foram drasticamente diminuídas em sua área total. Depois as espécies se estabilizaram, mas durante o Younger Dryas (12.900 – 11.500) ocorreu um novo evento climático que deve ter reduzido as populações até sua extinção. A diferença é que para Barnosky e Lindsey (2010) houve uma sinergia entre o fator climático e o humano, e para Graham (2001, 2003) a participação humana na extinção não é evocada.

Mas para os objetivos deste capítulo, o dado relevante é que as datações para a grande fauna se sobrepõem ao *Younger Dryas*, e algumas são até ligeiramente mais jovens, como no caso do sítio Toca da Janela da Barra do Antonião - TJBA.

No que diz respeito à cronologia de uma possível intervenção humana na extinção da megafauna, Hubbe et al. (2013) defende que tal interação deve ter ocorrido entre 14.500 e 11.000 para a América do Sul, enquanto que no Brasil esta interação teria ocorrido entre 12.000 e 11.000 anos, ou seja, nos últimos milênios entre o final do Pleistoceno e o início do Holoceno. Segundo aqueles autores os grupos humanos que coexistiram com a megafauna tinham uma baixa densidade demográfica, alta mobilidade e exploram os recursos naturais de modo esporádico, um pensamento compartilhado por Prous e Fogaça (1999) e Dillehay (2008). Como anteriormente abordado, as indústrias líticas para a América do Sul, sobretudo no Brasil advogam uma estratégia de subsistência generalista (Dias e Bueno, 2014).

Hubbe et al. (2013) analisaram os dados que sustentam a coexistência cronológica entre os humanos e a fauna pleistocênica no Brasil. Entre as 33 datações levantadas, foram selecionadas 18 idades para discutir as datas da última aparição da megafauna. Os dados disponibilizados sugerem que algumas espécies de mamíferos pleistocênicos sobreviveram a transição Pleistoceno-Holoceno e por sua vez coexistiram com grupos humanos pré-históricos que habitavam áreas que hoje corresponde ao território brasileiro. Os autores se basearam nas idades de duas espécies encontradas no estado de Minas Gerais mencionadas anteriormente, que incluem *Smilodon populator* (tigre-dentes-de-Sabre) e *Catonyx cuvieri*.

De qualquer modo, o registro de *Smilodon* e *Catonyx* demonstram que a grande fauna teria sobrevivido aos eventos de mudanças climáticas do UMG e no decorrer do *Younger Dryas*. Esta sobrevivência da grande fauna será abordada com mais detalhes nos próximos capítulos. Abaixo o levantamento cronológico feito por Hubbe et al. (2013).

Tabela 4 - Cronologia de Sítios Arqueológicos Brasileiros

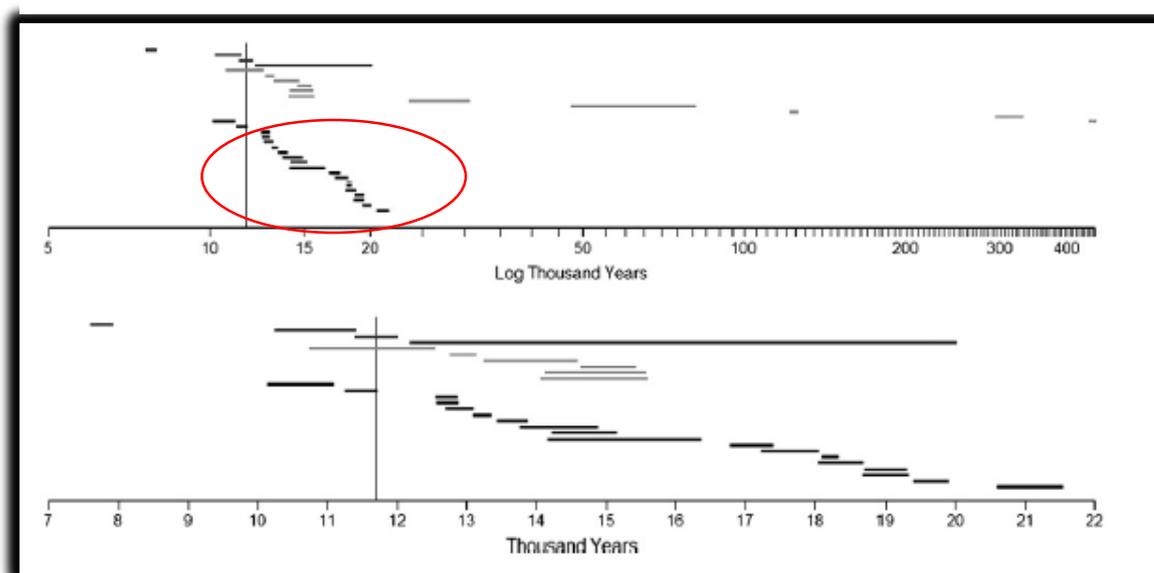
Taxon	Common name	State ^a	Environment	Method	Material dated	Date interval ^b	Originally proposed date category	Reference
<i>Eremotherium</i>	Ground sloth	AM	Fluvial	¹⁴ C	Collagen	13,330–13,110	Direct	Rossetti et al. (2004)
<i>Haplomastodon</i>	Mastodont	AM	Fluvial	¹⁴ C	Collagen ^c	18,330–18,120	Direct	Rossetti et al. (2004)
<i>Nothrotherium</i>	Ground sloth	BA	Cave	U/Th	Speleothem	14,570–13,260 ^d	Minimum	Auler et al. (2006)
<i>Nothrotherium</i>	Ground sloth	BA	Cave	¹⁴ C	Dung	14,860–13,770	Direct	Czaplewski and Cartelle (1998)
<i>Nothrotherium</i>	Ground sloth	BA	Cave	U/Th	Speleothem	15,410–14,660 ^d	Minimum	Auler et al. (2006)
<i>Eremotherium</i>	Ground sloth	BA	Cave	U/Th	Speleothem	20,000–12,200 ^e	Correlative	Auler et al. (2006)
<i>Eremotherium</i>	Ground sloth	BA	Tanque	¹⁴ C	Collagen	19,280–18,730	Direct	Drehfal (2010)
<i>Palaeolama</i>	Paleolama	MG	Cave	U/Th	Speleothem	> 450,000	Minimum	Auler et al. (2006)
<i>Smilodon</i>	Saber-toothed cat	MG	Cave	¹⁴ C	Collagen	11,080–10,160	Direct	Neves and Piló (2003)
<i>Catonyx</i>	Ground sloth	MG	Cave	¹⁴ C	Charcoal	11,400–10,270	Correlative	Laming-Emperaire et al. (1975), Prous (2002)
<i>Catonyx</i>	Ground sloth	MG	Cave	¹⁴ C	Collagen	11,690–11,270	Direct	Neves and Piló (2003)
<i>Smilodon</i>	Saber-toothed cat	MG	Cave	¹⁴ C	Collagen	12,850–12,570	Direct	Hubbe et al. (2009)
<i>Catonyx</i>	Ground sloth	MG	Cave	U/Th	Speleothem	125,570–122,230	Minimum	Auler et al. (2006)
<i>Valgipes</i>	Ground sloth	MG	Cave	¹⁴ C	Collagen	13,090–12,710	Direct	Hubbe et al. (2009)
<i>Hoplophorus</i>	Glyptodont	MG	Cave	U/Th	Speleothem	15,560–14,140	Minimum	Auler et al. (2006)
<i>Catonyx</i>	Ground sloth	MG	Cave	¹⁴ C	Collagen	17,390–16,800 ^f	Direct	Neves and Piló (2003)
<i>Equus</i>	Horse	MG	Cave	¹⁴ C	Collagen	19,870–19,420 ^g	Direct	Neves and Piló (2003)
<i>Catonyx</i>	Ground sloth	MG	Cave	U/Th	Speleothem	30,500–23,700	Minimum	Auler et al. (2006)
<i>Palaeolama</i>	Paleolama	MG	Cave	U/Th	Speleothem	327,860–294,880 ^d	Minimum	Auler et al. (2006)
<i>Hoplophorus, Pampatherium</i>	Glyptodont, Armadillo	MG	Cave	U/Th	Speleothem	80,750–47,680 ^d	Minimum	Auler et al. (2006)
<i>Glossotherium</i>	Ground sloth	MT	Cave	¹⁴ C	Charcoal	11,990–11,400	Correlative	Vialou et al. (1995)
<i>Hippidium, Palaeolama, Pampatherium, Toxodon, Catonyx</i>	Horse, Paleolama, Armadillo, Toxodont, Ground sloth	PI	Cave	¹⁴ C	Charcoal	12,530–10,750	Minimum	Guérin et al. (1996)
<i>Hoplophorus, Glyptodon, Palaeolama, Propraopus</i>	Glyptodont, Glyptodont, Paleolama, Armadillo	PI	Cave	¹⁴ C	Organic matter	7910–7610	Correlative	Faure et al. (1999)
<i>Glossotherium</i>	Ground sloth	RS ^h	Fluvial	¹⁴ C	Probably collagen	16,340–14,190	Direct	Miller (1987), Ribeiro, pers. comm., 2011
<i>Pampatherium, Glyptodon, Propraopus, Macrauchenia, Hippidium, Hemiauchenia</i>	Armadillo, Glyptodont, Armadillo, Long llama, Horse, Long llama	RS ^h	Fluvial	TL	Sediment	15,580–14,080	Minimum	Scherer et al. (2007), Kerber and Oliveira (2008a)
<i>Catonyx</i>	Ground sloth	SP	Cave	¹⁴ C	Collagen	12,860–12,580	Direct	Hubbe et al. (in press)
<i>Toxodon</i>	Toxodont	SP	Cave	¹⁴ C	Collagen	13,120–12,770 ^d	Minimum ^l	Neves et al. (2007)
<i>Toxodon</i>	Toxodont	SP	Cave	¹⁴ C	Collagen	13,860–13,460	Direct	Hubbe et al. (in press)
<i>Eremotherium</i>	Ground sloth	SP	Cave	¹⁴ C	Collagen	15,130–14,240	Direct	Hubbe et al. (in press)
<i>Smilodon</i>	Saber-toothed cat	SP	Cave	¹⁴ C	Collagen	18,030–17,260	Direct	Hubbe et al. (in press)
<i>Tardigrada</i>	Ground sloth	SP	Cave	¹⁴ C	Collagen	18,680–18,060	Direct	Hubbe et al. (in press)
<i>Scelidotherinae</i>	Ground sloth	SP	Cave	¹⁴ C	Collagen	19,310–18,710	Direct	Hubbe et al. (in press)
<i>Glyptodon</i>	Glyptodont	SP	Cave	¹⁴ C	Collagen	21,530–20,620	Direct	Hubbe et al. (2011b)

Fonte: Hubbe et al. (2013)

6.3 Intervalo cronológico

As idades consideradas robustas por Hubbe et al., (2013), estão na maior parte concentradas no intervalo entre 19.000 e 10.000 anos AP conforme a figura abaixo. Estes dados estão em concordância com aqueles apresentados por Barnosky e Lindsey (2010). Já as idades que podem atestar uma coexistência cronológica entre o homem e a fauna extinta, estão entre 15.000 e 10.000 anos (Hubbe et al., 2013; Barnosky e Lindsey, 2010 e Dillehay, 2008) tendo em vista as idades mais antigas normalmente aceitas para a ocupação inicial da América do Sul. Já as datas consideradas mais confiáveis para uma interação (exclusivamente cronológica e não comportamental) iria de 11.690 a 10.080 anos AP (Hubbe et al., 2013).

Figura 37 - Intervalo cronológico para a fauna pleistocênica da América do Sul



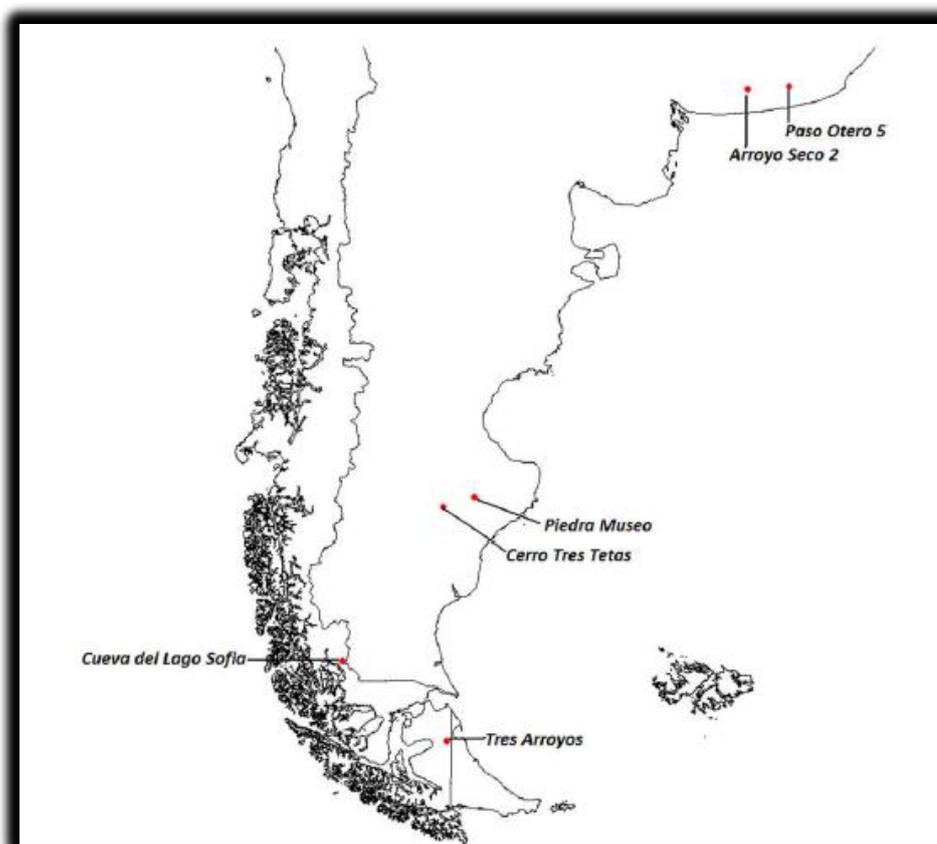
Fonte: Hubbe et al. (2013).

Os dados citados anteriormente são confiáveis para correlacionar a interação homem-fauna e as possíveis causas para a extinção. Adicionalmente, existem outros sítios brasileiros bem datados e com idades robustas, como por exemplo, as obtidas para a Toca do Boqueirão da Pedra Furada (Piauí) com idade estimada em aproximadamente 50.000 anos. No entanto, não foram encontrados vestígios de mega

ou grande fauna pleistocênica no sítio. Há também o sítio Toca do Gordo do Garrincho que apresenta fósseis humanos associados estratigraficamente com a fauna pleistocênica, datado em 15.245 anos AP (Felice, 2002), e a Toca da Janela da Barra do Antonião com 9.600 anos AP, onde foram encontradas marcas antrópicas em fósseis da grande fauna pleistocênica (Bélo e Oliveira, 2013). Ambos os sítios podem se enquadrar na cronologia proposta pelos autores acima citados.

Já para Steele e Politis (2009) a janela cronológica para a ocupação da porção sul do continente americano é mais curta. Estes pesquisadores efetuaram um estudo cronológico com base em datações por ^{14}C (método AMS) em sítios arqueológicos localizados na Argentina e no Chile. Foram selecionados os seguintes sítios: Arroyo Seco 2 - AS, Paso Oteros - PO, Pedra Museo – PM e Cueva Três Tetas – C3T (na Argentina) e Cueva del lago Sofia 1 – CLS e Tres Arroyos -TA (no Chile). Abaixo vê-se a localização dos sítios, na porção mais meridional da América do Sul.

Figura 38 - Localização de sítios arqueológicos no extremo sul do continente americano



Fonte: Steele e Politis (2009)

Eles refizeram as datações, com base em carvões e ossos provenientes de contextos primários. Seu intuito era comparar as idades novas com as anteriores e avaliar se de fato, as idades correspondiam a uma ocupação anterior a cultura Clovis da América do Norte. Os dados obtidos não confirmaram as idades pré-clovis para a maioria das idades obtidas anteriormente, com exceção do sítio arqueológico Arroyo Seco que obteve datações além do intervalo entre 11.800-12.000 anos AP. A tabela 5 apresenta todas as datações levantadas pelos autores.

Tabela 5 - Datações dos Sítios Arqueológicos da América do Sul

Site and sample	Lab. No.	$\delta^{15}\text{N}$	$\delta^{13}\text{C}$	^{14}C yrs BP	Specimen details
AS2-S1	OxA-9242	5.75	-15.3	11,730 ± 70	Bone, extinct megamammal sp. indet. Helically fractured
AS2-S2	OxA-9243	5.75	-15.3	12,070 ± 140	Bone, midshaft long bone, extinct megamammal sp. indet. Helically fractured
AS2-S3	OxA	-	-	Failed	Bone, <i>Hippidion</i> sp. 3rd metatarsal. Helically fractured
AS2-S3	AA39365	-	-20.8	11,320 ± 110	Bone, <i>Hippidion</i> sp. 3rd metatarsal. Helically fractured
AS2-S4	OxA10887	5.2	-19.7	12,155 ± 70	Bone, <i>Megatherium americanum</i> , tibia. Helically fractured
AS2-S4	OxA15871	5.2	-19.5	12,170 ± 55	Bone, <i>Megatherium americanum</i> , tibia. [Rpt. ultra-filtration] Helically fractured
C3T-S1	OxA-9244	-	-22.2	10,915 ± 65	Charcoal (for redating, cf LP-525). <i>Schinus</i> sp.
C3T-S1	AA39366	-	-23.5	10,853 ± 70	Charcoal (for redating, cf LP-525). <i>Schinus</i> sp.
C3T-S2	AA39368	-	-23.0	11,015 ± 66	Charcoal. <i>Schinus</i> sp.
C3T-S2	OxA-10745	-	-22.5	11,145 ± 60	Charcoal. <i>Schinus</i> sp.
CLS-S1	OxA	-	-	Failed	Bone, <i>Hippidion saldiasi</i>
CLS-S2	OxA-9319	2.73	-20.3	10,780 ± 60	Bone, <i>Hippidion saldiasi</i>
CLS-S3	OxA-8635	3.84	-20.2	10,710 ± 70	Bone, <i>Lama guanicoe</i> . Femur. Usewear (used as stone tool retoucher)
CLS-S4	OxA-9505	7.7	-19.5	10,140 ± 120	Bone, <i>Pseudalopex culpaeus</i>
CLS-S5	OxA-9504	2.1	-20.6	10,310 ± 160	Bone, <i>Hippidion saldiasi</i>
CLS-S6	OxA-9506	4.4	-20.1	12,250 ± 110	Bone, <i>Myiodon darwini</i>
PM-S1	OxA-8527	3.97	-18.1	10,390 ± 70	Bone, <i>Lama guanicoe</i> , femoral diaphysis. Helically fractured
PM-S2	OxA-9507	4.6	-17.7	10,100 ± 110	Bone, diaphysis of long bone, <i>Lama</i> (?). Helically fractured
PM-S3	OxA-8528	0.60	-19.3	10,925 ± 65	Bone, <i>Hippidion saldiasi</i> , distal humerus. Cut-marked
PM-S3	OxA-15870	2.2	-18.7	10,675 ± 55	Bone, <i>Hippidion saldiasi</i> , distal humerus. [Rpt. ultra-filtration]. Cut-marked
PM-S3	AA39362	-	-22.1	9952 ± 97	Bone, <i>Hippidion saldiasi</i> , distal humerus. Cut-marked
PM-S4	OxA-9508	-	-21.2	9350 ± 130	Charcoal. <i>Schinus</i> sp.
PM-S5	OxA-9509	-	-10.5	9950 ± 75	Charcoal. <i>Schinus</i> sp.
PM-S6	OxA-9249	-	-26.6	10,470 ± 65	Charcoal. <i>Schinus</i> sp.
PM-S6	AA39367	-	-26.2	10,400 ± 79	Charcoal. <i>Schinus</i> sp.
PO5-S1	OxA	-	-	Failed	Bone, <i>Megatherium</i> rib. Part of burnt bone accumulation
PO5-S1	AA39363	-	-19.8	10,440 ± 100	Bone, <i>Megatherium</i> rib. Part of burnt bone accumulation
PO5-S2	OxA	-	-	Failed	Left calcaneus of <i>Megatherium</i> cf. <i>M. americanum</i> (giant ground sloth). Unburned
PO5-S3	OxA	-	-	Failed	Bone, <i>Equus neogeus</i> distal radio-cubitus
PO5-S3	AA39364	-	-	Failed	Bone, <i>Equus neogeus</i> distal radio-cubitus
PO5-S4	OxA	-	-	Failed	Bone, Megamammal, sp. indet. Burned
PO5-S5	OxA	-	-	Failed	Bone, Poss. <i>Glossotherium</i> . Left distal humerus. Unburned
PO5-S6	OxA	-	-	Failed	Bone, <i>Megatherium</i> cf. <i>M. americanum</i> . First phalanx. ?Burned
TA-S1	OxA-9666	-	-27.5	10,130 ± 210	Charcoal. Not identifiable
TA-S2	OxA	-	-	Failed	Bone, <i>Myiodon darwini</i>
TA-S3	OxA-9248	6.59	-18.6	11,085 ± 70	Bone, <i>Panthera onca mesembrina</i>
TA-S4	OxA-9247	0.92	-20.5	10,685 ± 70	Bone, <i>Equidae</i> . First phalange
TA-S5	OxA-9246	3.32	-19.8	10,630 ± 70	Bone, <i>Vicugna vicugna</i>
TA-S6	OxA-9245	8.18	-19.4	10,575 ± 65	Tooth, <i>Dusicyon avus</i>

Fonte: Steele e Politis (2009)

Arroyo Seco 2, trata-se de um sítio a céu aberto localizado num cume entre um riacho e uma lagoa. Apresenta associação espacial e estratigráfica entre artefatos líticos unifaciais e restos da fauna ainda existente (*Lama guanacoe*, *Ozotoceros bezoarticus*, e *Rhea americana*), que também estão associados aos seguintes mamíferos extintos: *Megatherium americanum*, *Equus neogeus*, *Hippidion* sp,

Toxodon platensis, *Glossotherium robustum* e *Palaeolama wedelli*. Este sítio foi datado em 12.240 ± 110 a 7.320 ± 50 AP. Os extratos mais antigos são cortados por sepulturas humanas com idades entre 7.800 e 4.500 anos AP. As novas datações obtidas a partir de ossos de *Megatherium americanum* (12.155 ± 70) corroboram sua idade mais antiga.

A Cueva del Lago Sofia 1, compreende uma caverna localizada ao Norte no entorno do lago Sofia no sul do Chile. Neste sítio foi encontrada uma fogueira contendo ossos quebrados e queimados da fauna extinta, lascas bifaciais e unifaciais e ferramentas ósseas. Os níveis mais baixos foram datados em 11.570 ± 60 AP e 12.990 ± 490 AP. No entanto, há a possibilidade de um osso não modificado de *Myloodon* (12.990 ± 490) corresponder a ocupação da fauna anterior a chegada do homem. A nova idade obtida por ^{14}C AMS de 12.250 ± 110 é consistente com a idade do fóssil de *Myloodon*. A datação de uma ferramenta óssea (10.710 ± 70 OXA - 8635) é coerente com a idade obtida para um cavalo (10.780 ± 60) conforme os dados apresentados por Steele e Politis (2009).

Considerando as estimativas de idade recentes para a cultura Clovis na América do Norte, esses resultados implicam o surgimento de um sinal de ocupação humana contemporâneo com a cultura Clovis. Este sinal de ocupação está amplamente distribuído em sítios por todo o hemisfério ocidental. Essas descobertas sugerem que a expansão paleoindígena pode ter envolvido mais de um episódio de dispersão durante o Pleistoceno terminal.

Embora os autores tenham dado ênfase à cronologia da ocupação inicial da América do Sul e não a cronologia da extinção, pode-se perceber que eles trabalharam com um intervalo entre 11.000 e 13.000 anos (considerando idades calibradas para a presença do homem em regiões mais meridionais da América do Sul). Portanto, se considerarmos uma possível interferência humana na extinção da fauna pleistocênica, esta teria ocorrido dentro deste intervalo.

Pode ser observado que tanto Hubbe et al. (2013) quanto Steele e Politis, (2009) defendem uma interação homem fauna mais robusta cronologicamente entre aproximadamente 11 e 10.000 anos AP, se sobrepondo a transição Pleistoceno-Holoceno.

Para fins desta Tese considerou-se a janela cronológica de 15.000 a 10.000 anos AP para uma possível interferência humana, por ser mais abrangente e por estar associada a uma maior quantidade de dados, inclusive melhor alinhada com as idades

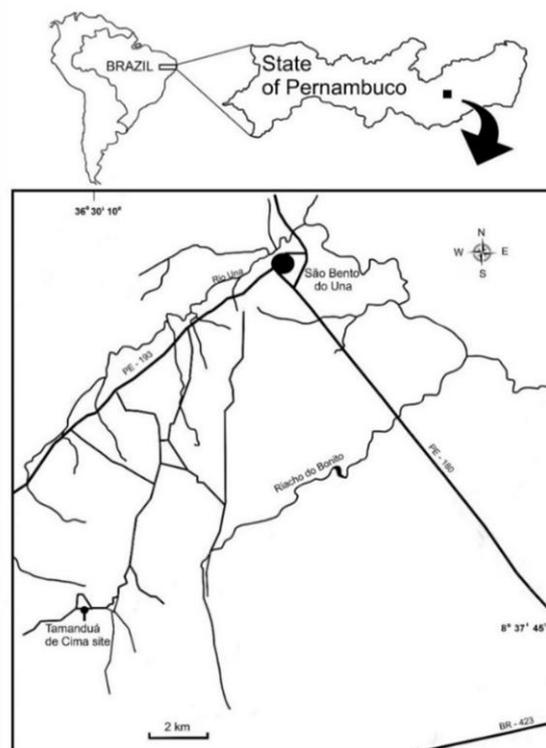
mais antigas para a associação homem-fauna no Nordeste brasileiro. Esta janela cronológica foi utilizada mais especificamente para contextualizar hipóteses para extinção ligadas a uma possível contribuição humana. No que se refere as hipóteses relacionadas às mudanças climáticas, foi utilizado o intervalo cronológico entre o Último Máximo Glacial - UMG por volta 20.000 anos e o *Younger Dryas* há aproximadamente (12.900 – 11.600 anos AP). Por fim, uma janela cronológica mais adequada à avaliação das hipóteses climáticas para a extinção, deve ser definida entre 20.000 a 11.600 anos AP.

7 SÍTIO PALEONTOLÓGICO TAMANDUÁ DE CIMA: novos dados cronológicos correspondentes ao UMG

7.1. Sítio Tamanduá de Cima

O sítio paleontológico Tamanduá de Cima está localizada no município de São Bento do Una, Estado de Pernambuco, Nordeste do Brasil (24 L 0.774.805 / 9.045.311).

Figura 39 - Localização do Município de São Bento do Una

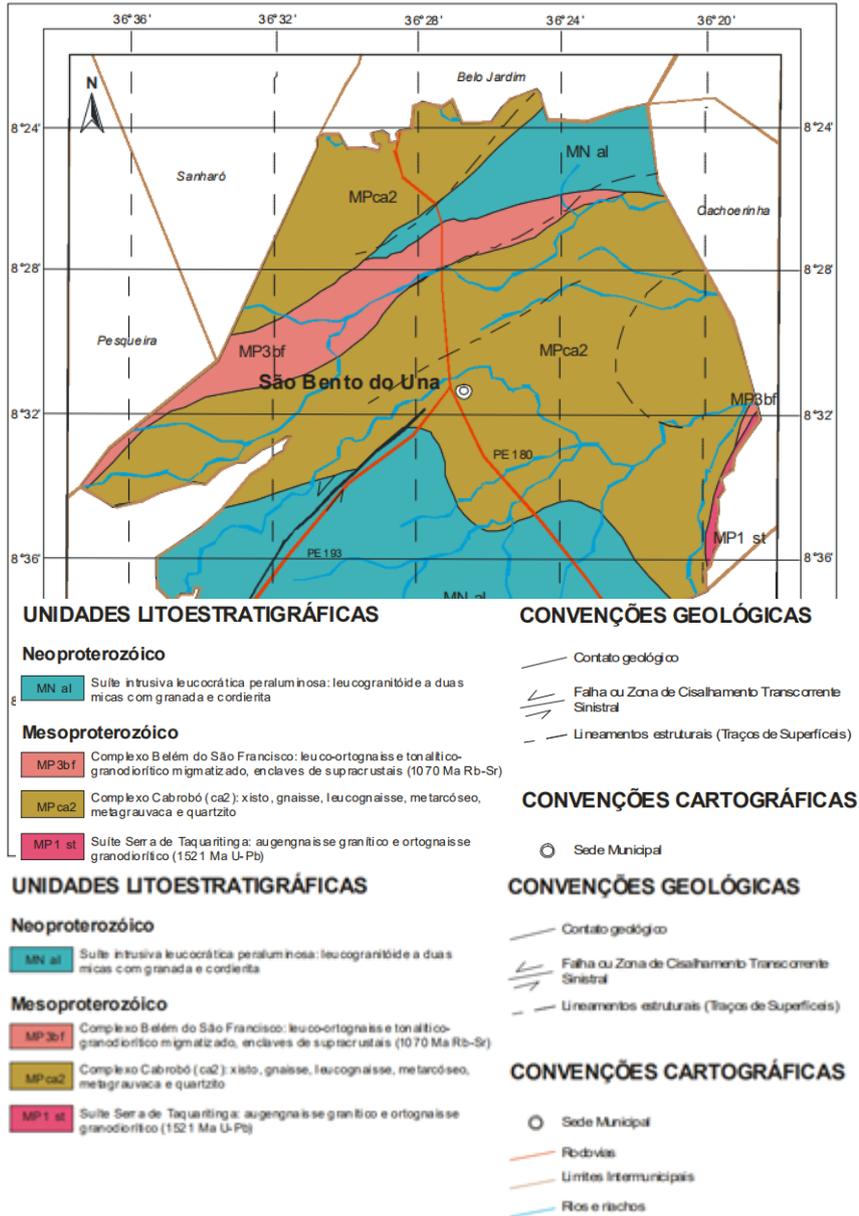


Fonte: O autor

O município de São Bento do Una está localizado na Mesorregião Agreste e na Microrregião Vale do Ipojuca do Estado de Pernambuco, limitando-se a Norte com Belo Jardim, ao Sul com Jucati, Jupi e Lajedo, a leste com Cachoeirinha, e a oeste com Capoeiras, Sanharó e Pesqueira. A área municipal corresponde a 712,9 km² e representa 0.72 % do Estado de Pernambuco.

Encontra-se inserido, geologicamente, na Província Borborema, sendo constituído pelos litotipos da Suíte Serra de Taquaritinga dos complexos Cabrobó e Belém de São Francisco e da Suíte Intrusiva Leucocrática Peraluminosa, como pode ser observado na figura 45.

Figura 40 - Geologia de São Bento do Una



Fonte: CPRM (2005)

Figura 41 - Imagem de satélite do Sítio Tamanduá de Cima



Fonte: O autor

O depósito fossilífero é composto por siliciclásticos como arenitos finos e argilitos na parte inferior e arenitos calcíferos e conglomerados cimentados por CaCO_3 na parte superior.

Figura 42- Sítio Paleontológico Tamanduá de Cima



Fonte: O autor

De acordo com Oliveira et al. (no prelo), sete fácies foram reconhecidas: 1) Facies Gm, conglomerados maciços: compostos por conglomerados de cascalho na base, mal classificados, maciços, brancos a cor cinza pálido, bem endurecidos, com cimento carbonático; 2) Facies Scm, arenitos conglomerados maciços: constituídos por arenitos conglomeráticos maciços de grânulos e pequenos seixos, fragmentos mal classificados, subangulares a muito angulares, cimentação endurecida, conspícua de carbonatos, coloração esbranquiçada a cinzenta pálida; 3) Facies Scg, arenitos estratificados grossos a muito grossos formados por arenitos conglomeráticos de grânulos e pequenos seixos com gradação incipiente, por vezes com estratificação cruzada planar, fragmentos mal classificados, subangulares a muito angulares, cimentação carbonatada visível e endurecida, cor cinza esbranquiçada; 4) Facies Sm, arenitos grossos maciços: arenitos grossos de grânulos, fragmentos maciços, mal ordenados, subangulares a muito angulares, cimentação carbonatada, conspícua e endurecida, cor esbranquiçada; 5) Facies Sp, arenitos planares de conglomerados

estratificados: fácies compostas por arenitos grossos com grânulos, com estratificação cruzada planar, fragmentos mal classificados, subangulares a muito angulares, cimentação carbonatada muito endurecida, notável, cor cinza clara a esbranquiçada; 6) Facies Sh, arenito estratificado horizontal: formado por arenitos, grânulos a grãos com estratificação horizontal, mal classificados, subangulares a fragmentos muito angulares, muito endurecido, cor esbranquiçada; 7) Facies Fm, pelitos maciços: consiste em pelitos maciços friáveis roxo avermelhado a roxo escuro.

As rochas siliciclásticas da parte inferior da seção estratigráfica produziram vários ossos de mamíferos. O pacote cimentado por carbonato apresenta icnofósseis e é composto por arenitos de até 1,2 m de espessura.

A parte carbonática da seção constitui um excelente marcador cronológico e paleoambiental, elegendo Tamanduá de Cima como um sítio de referência para se compreender o paleoclima e sua relação com a extinção da fauna pleistocênica no Nordeste do Brasil. O sítio possui características de um depósito fluvial típico, inclusive com a presença de um conglomerado de seixos rolados em sua base. São encontrados fragmentos de fósseis dentro dos níveis carbonáticos, mas, abaixo destes níveis registram-se fósseis da megafauna em excelente estado de preservação. Na camada carbonática superior constatou-se a presença de icnofósseis, mais precisamente pegadas de mamíferos de espécies da grande fauna e uma pegada pertencente provavelmente a uma espécie da megafauna pleistocênica.

O sítio foi muito impactado nos anos 80, com objetivo de armazenar água durante um grave período de seca. Diversos fósseis em excelente estado de conservação foram retirados do local e encaminhados para o estado de São Paulo. Atualmente o Ministério Público está tentando repatriar esses fósseis. Parte deste material, que se encontrava numa instituição denominada Casa de Alceu Valença (Prefeitura Municipal de São Bento do Una), foi recuperado pela UFPE. Felizmente os níveis carbonáticos, alvo deste estudo, foram preservados. Não se sabe ao certo qual a extensão destas capas carbonáticas, sendo possível que ainda haja fósseis no local esperando para serem escavados.

Figura 43 - Fósseis do Sítio Tamanduá de Cima, recuperados na "Casa de Alceu Valença", São Bento do Una



Fonte: Prefeitura de São Bento do Una

De acordo com as datações obtidas por LOE, a sequência estratigráfica do sítio coincide exatamente com o final do UMG, fornecendo importantes evidências para o clima e a fauna deste período. A porção inferior tem um ótimo registro de megafauna (*Notiomastodon* e *Toxodon*) em um momento de um regime hídrico mais intenso no Pleistoceno, conhecido como o “South American Moonsoon System (SAMS)”, reconhecido no Nordeste brasileiro a partir do estudo de espeleotemas (NOVELLO et al., 2016).

Próximo ao referido sítio foram encontradas outras áreas de ocorrência de fósseis pleistocênicos, como a Lagoa do Almeida e Maniçoba dos Soares, formados de remanescentes de lagoas e tanques pleistocênicos. Lamentavelmente estas localidades foram escavadas e todo o seu material paleontológico foi destruído sem que houvesse uma pesquisa prévia na área.

Oliveira et al. (no prelo) identificou pelo menos duas pegadas do ichnogenus *Lamaichnum*, com base nos padrões estabelecidos por Aramayo e Bianco (1987). As pegadas são subdigitigradas, bidigitais com extremidades anteriores pontiagudas e extremidades posteriores arredondadas, medindo ~ 5,5 cm de comprimento e cada dígito ~ 1,8 cm de largura (Fig. 48A). As pegadas de *Lamaichnum* distinguem-se dos outros artiodáctilos ruminantes por normalmente não apresentarem dígitos que convergem anteriormente (são paralelos ou divergentes), sendo relativamente largos

posteriormente (em forma de coração) e frequentemente com as impressões de dois dígitos (Lucas e Hunt, 2007). O tipo da espécie *Lamaichnum guanicoe* foi descrito e ilustrado por Aramayo e Manera de Bianco (1987b, figura 48 C), proveniente do sítio pleistocênico Pehuén-Có, Província de Buenos Aires, Argentina. Outra ichonospecie, todavia maior em tamanho é a *Megalamaichnum tulipensis* descrita por Aramayo e Manera de Bianco (1987), também na localidade Pehuén-Có. Na parte inferior do depósito (Tamanduá de Cima) não foram encontrados fósseis corporais de lhamas, mas vários exemplares de *Palaeolama major* e *Lama guanicoe* são relatados para o Pleistoceno tardio do Brasil (Cartelle, 1999; Silva et al., 2006; Scherer, 2013). Curiosamente, o tamanho das pegadas aqui descritas indica um animal do tamanho de uma lhama, claramente menor e morfologicamente distinto ao esperado para uma pegada de tamanho *Palaeolama*. Outros icnofósseis de artiodáctilos incluem um par de impressões de dígito semelhante a um cervídeo pequeno (Fig. 48 B), medindo 2,3 cm de comprimento e 3,3 cm de largura. A pegada bidigital mostra extremidades anteriores pontiagudas e extremidades posteriores arredondadas. As pegadas digitais dos cervídeos são curtas, com base unida e extremidades anteriores pontiagudas (Fig. 48 B). As bordas laterais são retas e a posterior ligeiramente convexa. Esses caracteres concordam com o descrito para o único icnotaxa de cervídeo até agora descrita para a América do Sul *Odocoileinichnum commune* (ARAMAYO e MANERA de BIANCO, 1987b).

As pegadas de cavalos são representadas por impressões profundas de um equídeo de um único dedo, que apresentam formato ovoide (Fig. 48 C-D). O solo é bem pronunciado e côncavo para baixo. Ambas as faixas são delimitadas anteriormente por ondas de deslocamento e micro-falhas (Fig. 48 C). Uma pegada hemi-elipsoidal exibe um rebordo marginal medindo cerca de 7 cm de largura (Fig. 48 D). As trilhas foram produzidas por um cavalo com um tamanho comparável ao *Hippidion*. As pegadas fósseis de cavalos (*Hippipeda* sp., Vyalov, 1966) comparáveis às aqui descritas foram previamente registradas na localidade de Pehuen-Co, Argentina (ARAMAYO e MANERA de BIANCO, 2009); fósseis corpóreos de *Hippidion* são freqüentemente relatados para locais do Pleistoceno tardio do Estado de Pernambuco, no Nordeste do Brasil (Cartelle, 1999; Silva et al., 2006).

Também foram encontradas pegadas de um grande animal medindo 17 cm de comprimento e 18,7 cm de largura. Com base em suas características, como a borda posterior de uma pegada e a borda anterior da outra a distância entre eles é de cerca

de 50 cm. Ambas as pegadas estão alinhadas longitudinalmente (comprimento da passada) e provavelmente representam o mesmo membro. As faixas mostram três dígitos e uma impressão de palma mais larga do que a longa (Fig. 48 C, D). A impressão da palma é profunda, e uma região interna é colocada oblíqua ao eixo anteroposterior; um entalhe posterior é colocado centralmente na borda posterior (Fig. 48 C). Sabe-se que na literatura especializada sobre megamamíferos do Pleistoceno tardio, animais com três dígitos são representados por *Macrauchenia*, caracterizada por pegadas tridáctilas, apresentando espessas palmilhas e almofadas plantares, e varia em comprimento de 13 a 24 cm (ARAMAYO e MANERA de BIANCO, 2009, 2015). Se comparado com o *Eumacrauchenichnus* da localidade de Pehuen-Co, as pegadas aqui descritas não são circulares em esboço e não apresentam o dedo central bem deslocado anteriormente em relação aos dedos laterais, que estão simetricamente colocados em ambos os lados. Outra possível interpretação sugerida por Oliveira et al. (no prelo) é a de que as características morfológicas destas grandes pegadas correspondam ao mega herbívoro *Toxodon*. Em suporte a essa ideia, vários materiais cranianos e pós-cranianos de *Toxodon* foram identificados na parte inferior do depósito (Mendonça e Alvarenga, 2007). Se confirmado, será o primeiro registro icnológico para o continente americano. *Toxodon platensis*, foi um mega herbívoro pleistocênico (cerca de 2.000 kg), foi interpretado como um mamífero herbívoro de savana semi-aquático (Paula Couto, 1979). Sua presença no sítio Tamanduá de Cima é coerente um ambiente de maior umidade. Há a possibilidade de registro de suas pegadas corresponderem cronologicamente ao período que antecede a sua extinção. Embora de hábito semi-aquático, mudanças severas na precipitação poderiam ter afetado o pasto que lhe servia de alimento.

Nesta tese, defende-se uma correlação entre os gêneros identificadas na camada superior carbonática, que registra aqueles indivíduos que sobreviveram ao evento de extinção (produzido por mudanças climáticas e ambientais), como lhamas, cervídeos e equídeos. Este nível deve ser mais jovem do que 18.000 anos, quando finalizou o UMG.

Considerando-se que os fósseis de megamamíferos estavam localizados sob os níveis carbonáticos, e que as pegadas foram deixadas por animais que sobreviveram aos eventos de deposição dos fósseis e a formação das capas carbonáticas, entende-se as evidências deste sítio como de grande relevância para a compreensão da causa da extinção da megafauna. Gêneros de menor porte, como

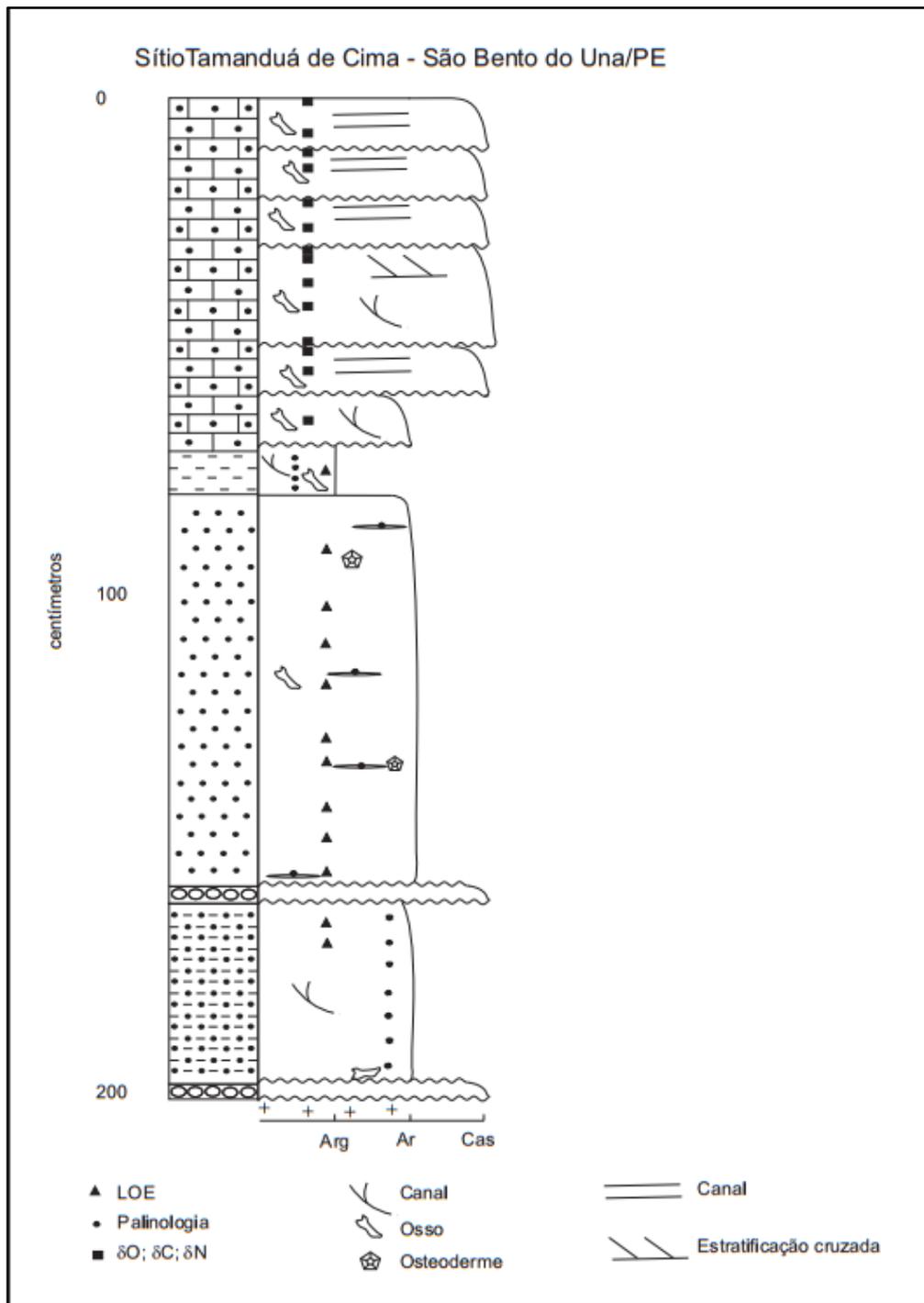
Hippidion, eram mais adaptáveis a maior umidade e consequente ao avanço das áreas florestadas, sobrevivendo após 15.000 anos AP. enquanto aqueles mamíferos de porte mega, como o *Eremotherium* e *Notiomastodon*, que dependiam de áreas abertas para sobreviver, entraram no processo de extinção a partir de 18.000 anos AP. As implicações destes achados serão abordadas no próximo capítulo.

Figura 44 - Icnofósseis (pegadas de fauna), Sítio Tamanduá de Cima



Fonte: Oliveira, (no prelo)

Figura 45 - Secção estratigráfica do Sítio Tamanduá de Cima



Fonte: O autor

Os demais sítios encontrados próximos ao Tamanduá de Cima, indicam que podem ter existido muitos depósitos fluviais e tanques no local, que preservaram o

testemunho desta fauna. Por hora não é possível mensurar a extensão destes depósitos, tão pouco a relação entre eles, no entanto, os dados obtidos durante esta pesquisa indicaram que as chuvas e o volume dos rios eram grandes durante o UMG.

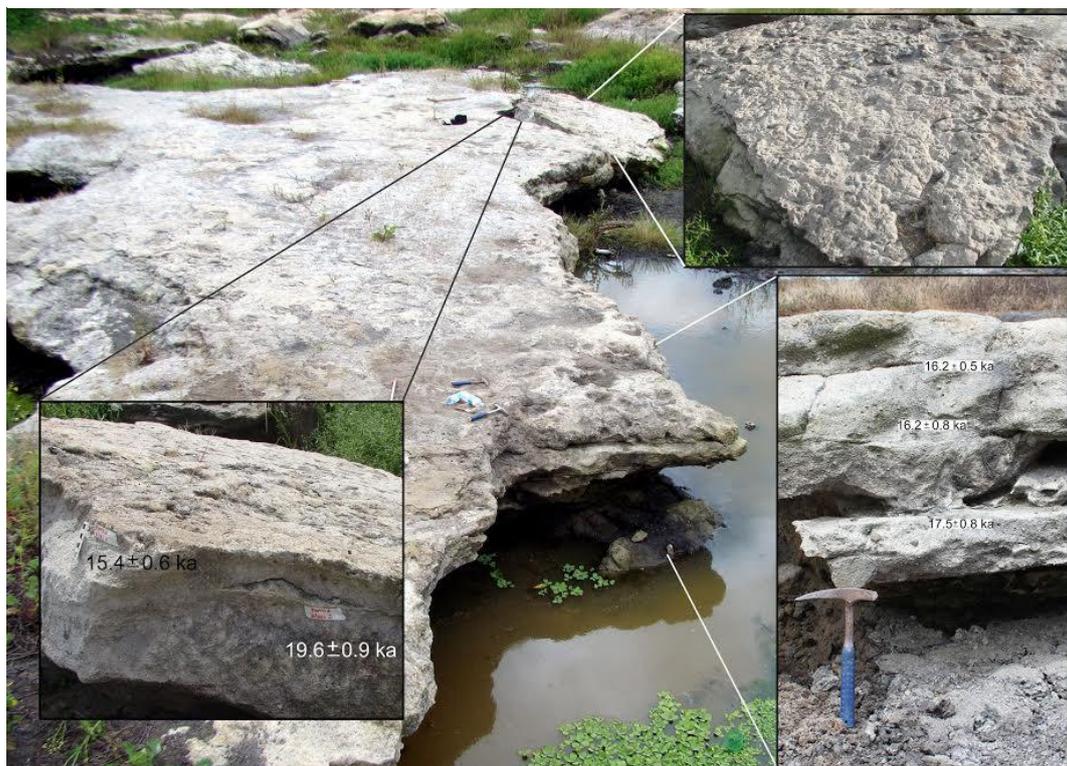
7.2. Análises isotópicas, paleoambiente e cronologia

No sítio Tamanduá de Cima foram realizadas as seguintes análises: taxa de hematita e goethita, análise de isótopos estáveis de $\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^{18}\text{O}$, juntamente com a análise estratigráfica e coleta de amostras para as datações por LOE. Os resultados iniciais são promissores como suporte para um modelo de extinção da megafauna no Nordeste brasileiro. O intervalo das datações usando alíquotas únicas de quartzo forneceram idades entre 15.400 ± 0.6 até 19.600 ± 900 anos AP, enquadrando o sítio no UMG.

As datações obtidas sugerem que ao redor de 20.000 anos ainda são registrados fósseis de *Toxodon* e *Notiomastodon*. Fósseis encontrados dentro dos níveis do depósito apresentam sinais claros de retrabalhamento de elementos anteriormente presentes nos níveis inferiores. O retrabalhamento de elementos fósseis é um fenômeno comum em depósitos fluviais. Parte de um crânio encontrado abaixo do nível calcífero mais antigo, não apresenta sinais de retrabalhamento e de transporte.

As datações pelo método LOE foram comparadas as análises de isótopos de carbono e oxigênio, bem como com a análise das taxas de hematita e goethita. Abaixo, são apresentados os pontos de coleta para as datações e seus respectivos resultados.

Figura 46 - Níveis datados por LOE



Fonte: O autor

Quadro 4 - Idades por LOE, Sítio Tamanduá de Cima

SN	T1	T2 %	n	AD Gy/ka	De Gy	Age ka
SBU I1	1.01±0.02	2.9	20	3.52±0.10	55.0± 1.4	15.6±0.6
SBU I2	0.97±0.01	2.6	18	3.27±0.03	52.9±1.7	16.2±0.5
SBU I3	1.01±0.02	2.1	26	3.58±0.03	58.0±2.9	16.2±0.8
SBU I4	0.96±0.01	2.6	18	3.48±0.13	60.8±1.5	17.5±0.8
SBU II1	1.00±0.03	2.2	30	4.33±0.03	62.4±2.3	15.4±0.6
SBU II2	1.02±0.03	2.0	35	3.83±0.03	67.9±3.1	19.6 ±0.9
SBU II3	1.00±0.02	2.4	28	3.22±0.02	61.4±5.3	19.3±1.8

Fonte: O autor

Sabe-se que os efeitos das glaciações não ficaram restritos ao hemisfério norte, repercutindo em todo o planeta. “A ciclicidade glacial interglacial de latitudes altas se reflete em uma ciclicidade pluvial e interpluvial nos trópicos” (Carbonell, 2008, p.623). Os efeitos de umidade reportados para o UGM no Nordeste brasileiro foram

comparados com os resultados das taxas de hematita e goethita, obtidas para Tamanduá de Cima.

Os experimentos realizados com taxas de hematita e goethita indicaram valores entre 0,06 a 0,24 indicando um clima mais frio e mais úmido do que o atual (TATUMI et al. 2015). Wang et al. (2004) observou, a partir de espeleotemas, a ocorrência de um intenso período de chuvas no Brasil e em outras regiões do globo. De modo semelhante, Cruz et al. (2009) com base nos estudos de isótopos de oxigênio em espeleotemas pode inferir uma relação entre os eventos climáticos globais e o aumento da precipitação no NE do Brasil.

Diferentemente do que ocorreu no tanque de Fazenda Nova e no Sítio Toca da Janela da Barra do Antônio, não foram encontrados vestígios arqueológicos no depósito fluvial Tamanduá de Cima. Com base nos dados sedimentológicos e paleoclimáticos disponíveis, pode-se inferir que foram bem marcadas as mudanças climáticas durante o UMG no Tamanduá de Cima, com prováveis impactos sobre a vegetação e as faunas que ali habitavam. O mais notável nesse contexto, é a sobrevivência de animais de grande porte, o que pode ter se refletido nas pegadas de cavalos, cervídeos e lhamas encontradas na porção superior do depósito (15.4 ka, Figura 49). Os valores negativos de $\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^{18}\text{O}$ corroboram as observações de Cruz et al. (2009), sendo compatíveis com os períodos chuvosos inferidos por espelotemas.

Quadro 5 - Taxas de hematita e goethita, Sítio Tamandua de Cima

<i>Sample name</i>	<i>Goethite</i> ($\mu\text{g/l}$) (490nm)	<i>Hematite</i> ($\mu\text{g/l}$) (850nm)	$\frac{H_m}{H_m + G_t}$
SBU I1	0.593	0.045	0.07
SBU I2	0.440	0.141	0.24
SBU I3	0.541	0.09	0.14
SBU I4	0.562	0.083	0.13
SBU II1	0.616	0.039	0.06
SBU II2	0.650	0.051	0.07
SBU II3	0.471	0.14	0.23

Fonte: O autor

Tatumi et al. (2015) perceberam que havia correlação entre os dados acima apresentados e o sítio Toca da Boa Vista (estado da Bahia), situado a cerca de 570 km de distância do sítio Tamanduá de Cima. Foram encontradas naquele sítio deposições secundárias de carbonatos com idades entre 17.300 a 20.100 anos A.P (AULER e SMART, 2002). A cronologia dos dois sítios coincide. Na Toca da Boa Vista também foi observado que o nível do lençol freática estava aproximadamente a 13 m acima do atual, o que implica em condições de maior umidade.

A análise das taxas de hematita e goethita já seriam suficientes para indicar um aumento na umidade, todavia, os dados resultantes da análise de isótopos estáveis de $\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^{18}\text{O}$ (UFPE NEG-LABISE) também indicam resultados semelhantes, além disso esclarecem qual a fonte desta umidade. As oscilações $\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^{18}\text{O}$ indicam um padrão para toda uma faixa do globo, na qual ocorreu o aumento da precipitação.

Arenitos calcíferos, como os registrados no depósito Tamanduá de Cima, são uma importante fonte de dados paleoambientais, da mesma forma espeleotemas ou amostras de geleiras, os carbonatos podem preservar dados geoquímicos que contêm informações sobre variações de umidade e temperatura. Carbonatos formados em ambientes fluviais ou flúvio-lacustres auxiliam na preservação de níveis fossilíferos quaternários. Sabe-se com base na literatura especializada que na origem e precipitação dos carbonatos fluviais, as plantas higrófilas são componentes essenciais da maioria dos depósitos, pois fornecem locais para a nucleação e precipitação da calcita, bem como para a captura de partículas de calcita (ARENAS-ABAD et al. 2010). Alguns microorganismos, como as cianobactérias, algumas algas e macróbios eucarióticos produzem grandes quantidades de biomassa devido à fotossíntese eficiente (BHAYA et al., 2000; HÄGELE et al., 2006). No sítio paleontológico Tamanduá de Cima não foram recuperados fósseis de plantas, mas é notável a abundância de fósseis de mamíferos na parte inferior do depósito, o que também poderia ter contribuído para a precipitação do carbonato de cálcio. Vários ossos cranianos e pós-cranianos de toxodontes e proboscídeos foram relatados por Mendonça e Alvarenga (2007) e Molena et al. (2011).

Adicionalmente, para a aquisição dos dados paleoclimáticos e paleoambientais, foi realizada uma análise de isótopos estáveis. Destaca-se a possibilidade de que tais dados obtidos a partir da precipitação de carbonato sejam pós-deposicionais, como indicado por outros estudos sobre depósitos de tufas, onde foi verificado que as idades de Luminescência Ópticamente Estimulada dos grãos de

quartzo são geralmente mais antigas do que a matriz de carbonato derivada de radiocarbono (Ribeiro et al., 2015). No entanto, como os resultados demonstram, as idades correspondem a períodos de maior umidade, o carbonato foi formado posteriormente em momentos de maior evaporação da água e maior precipitação carbonática. Os valores de $\delta^{13}\text{C}$ encontrados no depósito Tamanduá de Cima revelam um intervalo entre $-4,73\text{‰}$ e $0,15\text{‰}$, com uma média de $-2,83\text{‰}$ ($n = 11$). Neste contexto, os valores de $\delta^{13}\text{C}$ são muito importantes na avaliação da ecologia das plantas. Enquanto que a maioria dos sistemas com plantas C3 de clima temperado tem valores de calcita $\delta^{13}\text{C} < -8,00\text{‰}$ PDB, aqueles com plantas C4 em regiões áridas e semi-áridas têm valores de $\delta^{13}\text{C}$ entre -6 e $+2\text{‰}$ PDB (SMITH et al. 2004). Assim, no depósito Pleistocênico Tamanduá de Cima, os valores indicam uma comunidade de plantas com tendência de plantas C4, o que é sugestivo da presença de taxa herbáceo, o que está de acordo com a presença de mamíferos herbívoros. Os dados apontam para um momento de transição climática onde os dados isotópicos indicam um ambiente dominado por plantas tipo C4, mas, com um aumento da umidade. Estudos com megamamíferos do Pleistoceno tardio da região neotropical brasileira alcançaram resultados semelhantes no que diz respeito as plantas C4, com maior número de valores de $\delta^{13}\text{C}$ entre -7 e 1‰ PDB (DANTAS et al., 2013). O diferencial do Tamanduá de Cima é o indicativo de uma mudança climática num momento específico.

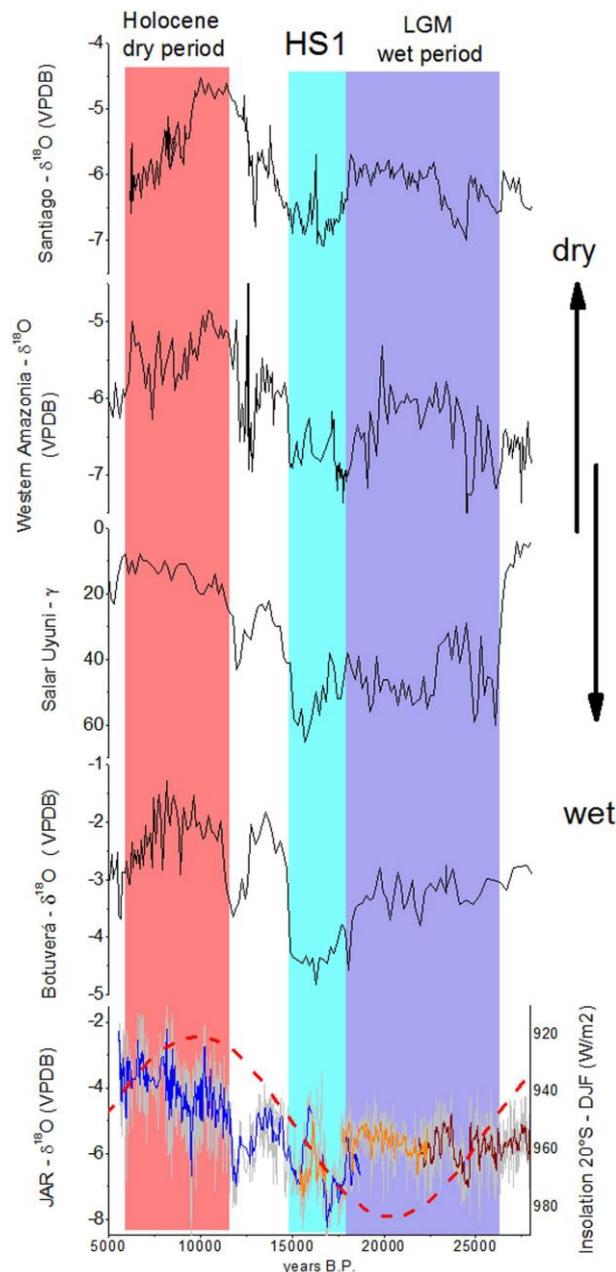
Os valores de $\delta^{18}\text{O}$ revelam um intervalo entre $-4,00\text{‰}$ e $+5,85\text{‰}$ PDM. Com raras exceções, a maioria dos ambientes fluviais e associados de carbonatos geralmente refletem o influxo meteórico, causando uma baixa covariância de $\delta^{18}\text{O}$ com dados $\delta^{13}\text{C}$, e além das variações devido à altitude ou latitude, a mudança de $\delta^{18}\text{O}$ em carbonatos fluviais é dependente da umidade em áreas de baixa latitude (O'BRIEN et al., 2006; ARENAS-ABAD et al., 2010). Por exemplo, condições muito áridas levariam a maiores valores de $\delta^{18}\text{O}$ na calcita, enquanto que as condições de renovação da água e drenagem em ambientes palustres podem resultar na alteração dos valores de $\delta^{18}\text{O}$. Em contraste, as áreas mal drenadas com renovação de água limitada devem registrar o enriquecimento de $\delta^{18}\text{O}$. Os dados de $\delta^{18}\text{O}$ obtidos no sítio Tamanduá de Cima apresentam vários valores de $\delta^{18}\text{O}$ com uma incursão positiva (entre $-4,0\text{‰}$ e $5,85\text{‰}$ com valor médio de $0,46\text{‰}$), ao contrário dos valores negativos dos espeleotemas (CRUZ et al., 2009; CHENG et al., 2013), mas semelhante aos dados

obtidos pelos dentes de mamíferos de *Notiomastodon*, prevalecendo valores positivos (média de 2,68 ‰) (FRANÇA et al., 2014).

A análise do magnetismo mineral no Tamanduá de Cima indica que a razão Hm / Gt varia de 0,06 a 0,24 (TATUMI et al., 2015). Enquanto a hematita é favorecida por condições quentes e mais secas a goethita está relacionada com climas mais úmidos (SCHÄTTMANN e TAYLOR, 1989; Ji et al., 2004). Os valores baixos de Hm / (Hm + Gt) registrados no depósito, com uma média de 0,13 ‰ (n = 7), indicam a predominância de goethita em relação à hematita, sugerindo um clima mais úmido para o intervalo analisado correspondente ao UMG. Esses dados trazem suporte à última fase pluvial glacial documentada pelos padrões de crescimento de espeleotemas no Nordeste do Brasil (AULER e SMART, 2001, Cruz et al., 2009). O registro isotópico em espeleotemas de cavernas do Rio Grande do Norte indica mudanças abruptas das condições predominantes de seca para úmida de 25,9 a 25,0 ka e de 17,3 a 15,1 ka, consistentes com as condições climáticas durante os eventos Heinrich, H2 e H1, respectivamente (CRUZ et al., 2009). O evento H1 é caracterizado por variações $\delta^{18}\text{O}$ de alta amplitude que podem estar associadas a mudanças extremas de condições secas para úmidas durante 17,3 a 16,4 ka, que prevaleceram até 15,1 ka (CRUZ et al., 2009).

Em um estudo recente conduzido por Novello et al. (2017), realizado com base na análise isotópica de espeleotemas provenientes da Caverna Jaragua, Mato Grosso do Sul, alcançou uma alta resolução cronológica para Zona de Convergência Intertropical. Para os autores, a composição isotópica de $\delta^{18}\text{O}$ das estalagmites da Caverna Jaragua reflete a quantidade de precipitação ao invés da temperatura. O estudo também está em acordo com as interpretações atuais do papel das altas latitudes no hemisfério norte como sendo responsável pelas mudanças abruptas na precipitação sobre os trópicos, durante as estações das monções. A cronologia daquele estudo, obtida a partir do método Urânio/Tório abrange o intervalo entre o UMG e o Holoceno Médio.

Figura 47 - Evento Heinrich Stadial (17.730 - 14.800BP) e o UMG



Fonte: Novello et al. (2017)

O registro isotópico da Caverna Jaragua apresenta valores de $\delta^{18}\text{O}$ com um intervalo entre $-1,3\text{‰}$ e $-9,3\text{‰}$, com valor médio de $-5,2\text{‰}$ indicando condições mais úmidas durante o UMG, entre 17.800 até 27.97 AP (NOVELLO et al., 2017). Este intervalo mais úmido foi em parte registrado no sítio Tamanduá de Cima, tendo em vista que entre as idades obtidas estão níveis de arenitos calcíferos datados em 19.600 e 15.400 AP. Embora não haja datações diretas da formação do carbonato no

sítio , as idades obtidas a partir da calcita, ou seja, correspondentes a deposição das camadas são concordantes com os valores obtidos por Novello et al. (2017) para o evento *Heinrich Stadial* HS1 (17.730 – 14.800 AP). Estes autores identificaram uma fase seca durante o HS1 em 16.513 AP. Nesta tese, se propõe que este período seco pode corresponder a fase de precipitação do carbonato no sítio Tamanduá de Cima, porém datações diretas precisam ser realizadas para se confirmar esta hipótese. Por hora a sobreposição das idades obtidas no Tamanduá de Cima com um evento abrupto de precipitações é suficiente para sustentar a tese de que a megafauna foi extinta por fatores ambientais ao invés de uma caça predatória.

O estudo de Cruz et al. (2009) identificou além do evento H2 (ocorrido entre 26 e 25 Ka) o evento HS1, registrado nos espeleotemas entre 17.000 e 15.000 anos AP. As idades do sítio Tamanduá de Cima indicam uma crono-correlação com H1, isto implica que o sítio Tamanduá de Cima se sobrepõe ao evento H1 e a parte final do UMG. Por isso, se propõe nesta tese que este sítio seja considerado como um referencial cronológico e paleoambiental para futuros estudos relativos à extinção da fauna pleistocênica no Nordeste do Brasil. A figura 52 indica as faixas cronológicas do UMG e do HS1.

O aumento da umidade repercutiu diretamente na cobertura vegetal. Com base nos dados dos isótopos de carbono, é possível que de aproximadamente 18.000 a 11.800 / 10.000 AP, a vegetação arbórea tenha sido dominante no Nordeste do Brasil, associada a climas úmidos (Pessenda et al., 2010). Já entre 15.000 a 12.000 anos AP as evidências de grãos de pólen e isótopos sugerem um aumento súbito nas taxas de umidade, algo comprovado pela expansão progressiva da vegetação arbórea (Pessenda et al., 2004, 2010, Ledru et al., 2006).

As condições mais úmidas verificadas pelas razões hematita e goethita; as publicações sobre espeleotemas e grãos de pólen (Pessenda, 2010, 2014); os dados icnológicos e fósseis corporais do sítio Tamanduá de Cima, são compatíveis com um mosaico de ambientes, incluindo florestas e vegetação de savana. Esta constatação corrobora ao menos em parte, a hipótese do *Broken Zig Zag* (ver capítulo I). No depósito aqui estudado, a distribuição vertical de táxons na seção estratigráfica indica a presença de restos abundantes de megamamíferos (com massa corporal > 1 tonelada) na parte inferior do perfil, como ilustrado por *Toxodon* e *Notiomastodon* (Mendonça e Alvarenga, 2007, Molena et al., 2011), que se acredita ter mais de 20.000 anos A.P. A partir deste nível, recuperamos restos cranianos de *Toxodon* e pelo

menos um osteodermo pertencente à *Glyptotherium* sp. Estudos paleoecológicos indicam que *Toxodon* e *Notiomastodon* representam táxons claramente adaptados a paisagens abertas como cerrado (CARTELLE, 1999; FRANÇA et al., 2014). O *Toxodon* foi um grande megaherbívoro de aproximadamente 2 toneladas (UBILLA, 2007) com características morfológicas compatíveis com um mamífero herbívoro, condição sugerida por isótopos de valores $\delta^{13}\text{C}$ de vários dentes do Nordeste do Brasil (VIANA et al. 2011; DANTAS et al., 2013). Dados isotópicos de vários locais do Pleistoceno tardio do Nordeste do Brasil demonstram que o *Notiomastodon* foi um pastador (consumidor de plantas C4) com baixos valores de $\delta^{13}\text{C}$ (França et al., 2014). Neste cenário, a fisionomia mais compatível sugerida pela fauna do sítio de Tamanduá de Cima poderia ser de Cerrado, que estava presente há pelo menos 32.000 anos AP no Planalto Central (LEDRU, 2002).

O pacote de carbonato da parte média da secção estratigráfica contém ossos arredondados raros e muito retrabalhados. Como vimos, na parte superior do perfil, o registro icnofóssil mamífero indica uma associação composta por cavalos, lhamas e cervídeos e pegadas de pelo menos um grande ungulado, representado possivelmente por *Toxodon*. Do ponto de vista paleoambiental, a ocorrência de pegadas de lhama (*Lamaichnum guanicoe*) no sítio de Tamanduá de Cima constitui um dado interessante a ser analisado.

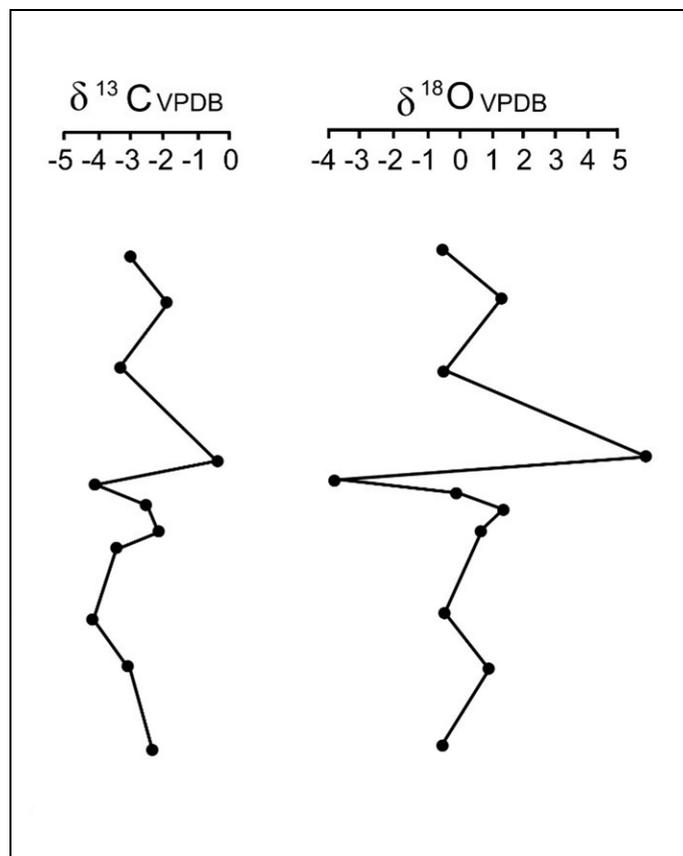
Quadro 6 - Resultados das Análises isotópicas, Sítio Tamanduá de Cima

Sample/weight	$\delta^{13}\text{C}_{\text{VPDB}}$ ‰	$\delta^{18}\text{O}_{\text{VPDB}}$ ‰	$\delta^{18}\text{O}_{\text{VSMOW}}$ ‰
1	No reaction	-	-
2	-	-	-
3	-	-	-
4	-3.02	-0.49	31.35
5	-1.78	1.25	29.61
6	-3.37	-0.49	31.34
7	0.15	5.85	25.01
8	-4.35	-4.00	34.86
9	-2.77	-0.02	30.88
10	-2.09	1.37	29.49

11	-3.49	0.47	31,27
12	-4.73	-0.55	31.41
13	-3.06	1.00	31.86
14	-2.40	0.70	30.16

Fonte: O autor

Figura 48 - Variação dos valores de isótopos estáveis de ^{13}C e ^{18}O , sítio Tamanduá de Cima



Fonte: O autor

Outro dado relevante diz respeito à correlação cronoestratigráfica entre os sítios Tamanduá de Cima, Uri de Cima e Tanque de Fazenda Nova. Correspondem respectivamente a um depósito fluvial, uma lagoa e um tanque. Todos possuem relação com o UMG, e todos possuem níveis carbonáticos. Em dois deles há a presença de artefatos líticos com idades compatíveis com a chegada do homem na

América do Sul (Tanque Fazenda Nova e Urí de Cima). Nenhum deles, contudo, apresenta evidências de interação com o homem.

Figura 65 - Crono-correlação estratigráfica entre os sítios (A,B e C)

Figura 54 - Lagoa Uri de Cima



Fonte: O autor

Figura 53 - Tanque Incó

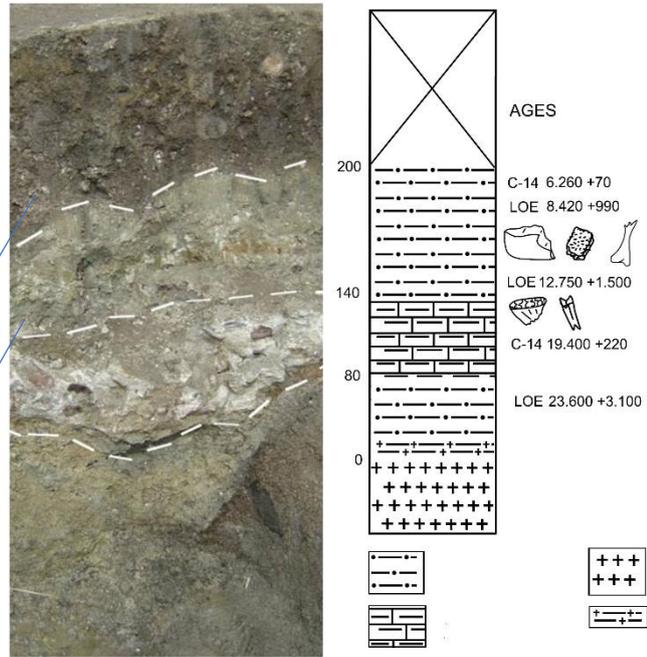
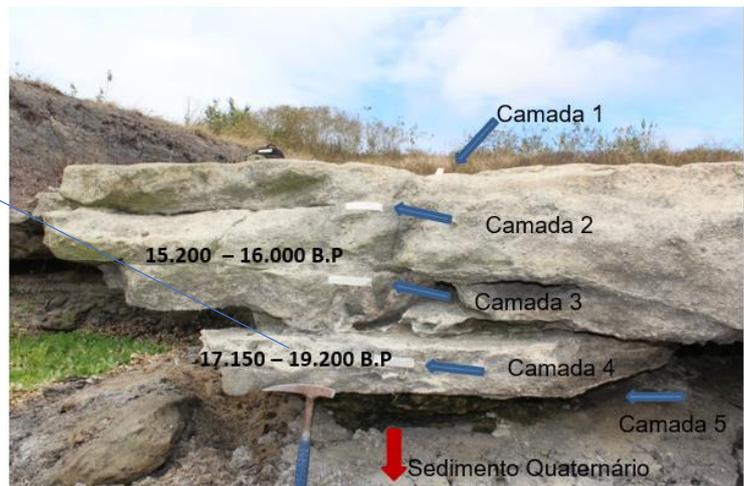


Figura 55 - Tamanduá de Cima



Devido à complexidade dos resultados apresentados neste capítulo, cabe aqui uma síntese dos mesmos:

- Presença de marcas de corte em espécies da grande fauna (T.J.B.A);
- Presença de artefatos líticos e datações por LOE entre 8.000 e 12.000 (Fazenda Nova);

- Datação de Carbono 14 com 19.400 anos A.P relacionada ao UMG e a formação do calcrete (Fazenda Nova);
- Datação dos níveis carbonáticos 15.200 e 19.600 anos A.P relacionada ao LGM (Tamanduá de Cima);
- Análise das taxas de hematita e goethita compatíveis com um clima mais frio e úmido (Tamanduá de Cima);
- Valores negativos de $\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^{18}\text{O}$ compatíveis com um clima mais úmido (Tamanduá de Cima);
- Taxas de hematita e goethita e Valores negativos de $\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^{18}\text{O}$ compatíveis com os dados de espeleotemas e da dinâmica vegetacional, corroborando um período de maior precipitação no NE brasileiro durante o UMG.

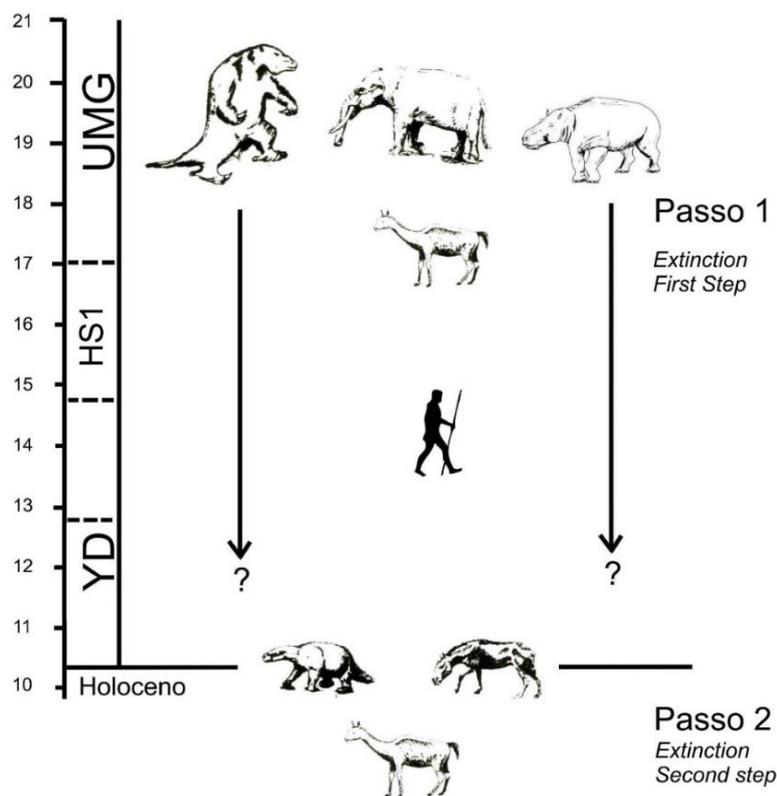
Com base nestes resultados, defendo a Tese da extinção em dois passos:

- **Primeiro passo:** se estendendo do UMG (20.000 a 18.000 A.P) até final do stadial HS1 (17.730 – 14.800) para os megamamíferos (com base nos dados cronológicos e estratigráficos do Sítio Tamanduá de Cima). Esta extinção foi provocada por mudanças paleoclimáticas que produziram picos pluviométricos (registrados no UMG e no HS1) e o conseqüente avanço das áreas florestadas, bem como o recuo das áreas abertas. Estas últimas eram essenciais à sobrevivência da megafauna (> 1000kg), como o *Eremotherium*, o *Notiomastodon* e o *Toxodon*.
- **Segundo passo:** ocorreu a partir do Younger Dryas – YD (12.800-11.600), se estendendo até o Holoceno Inicial (9.600 anos A.P – TJBA) para os mamíferos da grande fauna (com base nas sólidas evidências da sobrevivência de espécies como o *Hippidion* e *Palaeolama* em diversos sítios paleontológicos na América do Sul). Para esta etapa há evidências da interação do homem com a grande fauna (*Hippidion principale* - presente no sítio TJBA), no entanto, os dados não são representativos o suficiente para se deduzir a extinção a partir da ação humana. Pode-se conjecturar com base nos dados, que houve uma provável ação combinada do Younger Dryas (mudança climática) que se

sobrepôs a chegada do homem pré-histórico (caça), como as possíveis causas para a redução e consequente extinção da grande fauna (<1000kg).

A figura número 57, apresenta de forma didática a tese da extinção em dois passos. Os fatores climáticos deram início ao processo de extinção da megafauna (> 1000 kg) mais especialmente entre 20.000 - 17.000 anos A.P (UMG) e 17.730 a aproximadamente 14.800 (HS1). As interrogações se referem as idades duvidosas de para *Eremotherium* e *Toxodon* mais recentes que 12.000 anos. Há a presença do homem com as idades mais aceitas para a sua chegada na América do Sul, por volta de 15.000 e 14.000 anos. Por fim, no passo 2 há o início do processo de extinção da grande fauna a partir do YD (12.800-11.600) até o Holoceno Inicial (10.000 – 9.600 anos A.P).

Figura 56 – Extinção em dois passos



Fonte: O Autor

8 DISCUSSÃO

Evidências baseadas em sítios escavados, com controle estratigráfico e tafonômico, apontam para uma extinção baseada em dois momentos para o Nordeste do Brasil, a qual denominamos “extinções em dois passos” (*extinctions in two steps*). Um bom suporte a esta ideia tem como base dados cronológicos e paleoambientais do sítio Tamanduá de Cima, Sítio Uri de Cima e Toca da Janela da Barra do Antônio (TJBA), além de dados paleoclimáticos para o UMG e o HS1 no Nordeste do Brasil provenientes de espeleotemas.

O registro e a sobrevivência de *Hippidion* no Holoceno Inicial do Nordeste brasileiro é um dado de extrema relevância, e que foi ignorado pela literatura especializada na extinção da megafauna (e.g. Haynes, 2009). O caso de *Hippidion* é extremamente importante nesse contexto. Isto está bem evidenciado no Nordeste considerando-se a presença, no sítio Tamanduá de Cima, de icnofóssil com idade em torno de 15.4 ka exibindo características morfológicas semelhantes às de um equídeo, e o registro de fósseis corporais de *Hippidion* no sítio Toca da Janela da Barra do Antônio (BÉLO, 2012; BÉLO e OLIVEIRA, 2013). Nesse caso, a sobrevivência desse gênero no início do Holoceno pode constituir uma peça chave no entendimento de sua sobrevivência às condições do UMG. Um estudo realizado na América do Sul trouxe resultados que podem elucidar a questão.

Análises microhistológicas em coprólitos do gênero *Hippidion*, provenientes de dois sítios paleontológicos da região dos Andes Centrais forneceram dados significativos sobre a dieta deste cavalo pré-histórico (GARCIA et al., 2008). Foi observado que as amostras do sítio Gruta del Indio correspondiam a uma alimentação baseado na ingestão de espécies lenhosas, enquanto que no sítio Los Morrilhos as espécies vegetais eram herbáceas. Estes resultados sugerem uma alta capacidade adaptativa do gênero *Hippidion* a diferentes coberturas vegetais. Sabendo-se que na Argentina este cavalo também sobreviveu até aproximadamente 9.000 anos A.P (GARCIA et al., 2008), os autores concluíram que a capacidade adaptativa do *Hippidion* permitiu uma maior permanência destes em relação a outros gêneros como o *Megatherium* e *Mylodon* (dois táxons de preguiças gigantes). Contudo, esta capacidade de mudar sua dieta não foi suficiente para garantir sua sobrevivência ao longo do Holoceno e nesse caso a ação humana pode ter sido fatal a esta espécie de cavalo, como demonstrado por Bélo e Oliveira (2013) através das marcas e sinais de

descarne identificadas em fósseis do sítio TJBA. Se compararmos a diferença da massa corporal do *Megatherium* da Argentina e *Hippidion*, poderemos inferir que pelo menos alguns gêneros de porte “mega” (> 1000kg) sucumbiram ao longo das mudanças climáticas, enquanto *Hippidion* e *Lama guanicoe* (com porte < 1000 kg) conseguiram sobreviver até o início do Holoceno ou até os dias atuais, como é o caso de *L. guanicoe*. Então, se não foi a mudança na cobertura vegetal, o que teria extinguido *Hippidion*?

Garcia e colaboradores levantam algumas hipóteses como: aumento da aridez; competição com outros mamíferos como *L. guanicoe* e a presença humana. Nesta tese defende-se que provavelmente o ser humano tenha tido um papel relevante na extinção do *Hippidion principale* durante o início do Holoceno. Para eles, o estado atual sobre a extinção a nível regional não permite concluir que a mesma ocorreu por ação humana, e os dados levantados para os sítios Los Morrilhos e Gruta del Indio não permitem uma ligação de causa e efeito com eventos ambientais. Todavia, para o Nordeste do Brasil, o sítio Tamanduá de Cima serve com um bom marcador cronológico e ambiental, mas o principal dado vem do sítio TJBA, que apresenta evidências da interação entre *Hippidion* e o homem pré-histórico. Em uma escala regional é perceptível os efeitos das mudanças climáticas afetando a cobertura vegetal e conseqüentemente os gêneros e espécies de maior porte, os quais dependiam diretamente de pastagens, o que fica evidente a partir dos dados isotópicos e ambientais do sítio Tamanduá de Cima. Já a sobrevivência holocênica do *Hippidion* fica clara no sítio TJBA, e ainda apresenta as melhores evidências da interação homem fauna para o Nordeste brasileiro (BÉLO e OLIVEIRA, 2013). Não foram encontrados coprólitos neste sítio. Evidência esta que poderia corroborar a capacidade adaptativa alimentar do *Hippidion*, no entanto, estudos futuros de isótopos estáveis em dentes deste mamífero poderão se alinhar aos resultados encontrados por Garcia e colaboradores.

Um outro estudo, também conduzido na Argentina, trouxe resultados que corroboram o posicionamento de Garcia e seus colaboradores. Sánchez et al. (2006) realizaram análise de isótopos estáveis de carbono e oxigênio de 35 amostras (dentes e ossos) para as seguintes espécies: *Equus neogeus*; *Hippidion principale* e *Hippidion devillei*. Para comparar os resultados, as amostras foram divididas em três grupos: Pleistoceno Inferior, Pleistoceno Médio-tardio e o Pleistoceno mais antigo. Os pesquisadores observaram que as amostras de *H. devillei* do Pleistoceno inferior

foram mais homogêneas, com valores de $\delta^{13}\text{C}$ variando entre -11,73 a -9,79 ‰. Estes dados indicam uma dieta exclusivamente dominada por plantas C3. Por outro lado, os resultados para *Hippidion principale* (mesmo equídeo encontrado no sítio TJBA) e *Equus neogeus* do Pleistoceno médio-tardio mostraram uma ampla gama de adaptações de alimentação, com valores de $\delta^{13}\text{C}$ entre -12,05 a -8,08 ‰ para *Hippidion* e $\delta^{13}\text{C}$ entre -11,46 a -7,21 ‰ para o *Equus neogeus*. Esses dados parecem indicar uma dieta C3-C4 mista, enquanto os dados do Pleistoceno mais recente sugerem uma tendência para uma dieta exclusivamente C3 para ambas as espécies. Esses resultados indicam que *Hippidion principale* tinha uma dieta mista, sendo, portanto, menos vulnerável a possíveis restrições alimentares provenientes do desaparecimento de uma ou mais espécies, no decorrer de mudanças ambientais. Desse modo, aqueles autores defendem a hipótese de que os taxa que se extinguíram possuíam dietas especializadas (SÁNCHEZ et al., 2006).

Nem todos concordam com a ideia de uma extinção baseada em estudos isotópicos da dieta de mamíferos. Segundo Haynes (2009), as mudanças na vegetação durante as mudanças climáticas do Pleistoceno Tardio não poderiam ser usadas para explicar as extinções, pois, os animais possuíam uma dieta flexível. Para explicar de modo satisfatório a extinção por esse viés, seria necessário demonstrar que as mudanças foram de fato muito severas. Com base nos dados do Sítio Rancho Lá Brea, Coltrain et al. (2004), sugere que tanto os herbívoros que se alimentam de plantas do tipo C3 quanto os que comem plantas C4 se extinguíram durante o final do Pleistoceno.

Bem, partindo-se do princípio de que os dados paleoambientais para a América do Sul são distintos dos dados da América do Norte, e que houve algum tipo de influência da massa corporal dos animais no que diz respeito a sua capacidade adaptativa alimentar, considerar-se plausível que mudanças severas possam ter afetado a dieta dos megamamíferos. Mas não foi apenas uma questão de redução da alimentação, mas sim do habitat desses animais. A combinação da maior umidade, chuvas fortes e redução dos habitats afetou com muito mais vigor os indivíduos com massa corporal superior ou igual a 1.000 kg, embora os megaherbívoros atuais possam influenciar a composição das comunidades de plantas, estrutura e abertura da vegetação, dentre outros aspectos (OWEN-SMITH, 1984). Megaherbívoros que influenciam seus habitats foram denominados de *Keystone species* (OWEN-SMITH,

1984), contudo, não está demonstrado que megaherbívoros pleistocênicos como *Eremotherium*, *Notiomastodon* e *Toxodon*, por exemplo, foram *keystones*.

Com base no que foi discutido até o presente momento sabe-se que as espécies ou gêneros com melhor capacidade adaptativa, ou seja, que possuíam uma dieta mista (C3 e C4) tinham mais chances de sobreviver às mudanças na vegetação, enquanto que, aquelas que possuíam uma dieta especializada estavam mais susceptíveis a desaparecerem, mas, será que a extinção da fauna pleistocênica poderia ser explicada apenas por esse fator? Bem, num estudo conduzido por Dantas et al. (2013; 2017) os resultados foram distintos aos das pesquisas acima citadas. Eles analisaram isótopos estáveis em amostras de fósseis corporais de *Eremotherium laurillardii*; *Notiomastodon platensis* e *Toxodon platensis*, provenientes de sítios paleontológicos dos estados da Bahia, Sergipe e Rio Grande do Norte. Os valores de $\delta^{13}\text{C}$ encontrados nos dentes fósseis *Eremotherium* provenientes do estado de Sergipe apresentaram uma variação entre -6,65 ‰ e -2,45 ‰. Este intervalo indica que esta espécie provavelmente teve uma dieta geralista, consumindo plantas do tipo C3 e C4. Já os resultados dos fósseis de *Eremotherium* do Rio Grande do Norte, mostraram que esta espécie também tinha dieta a base de plantas C4 ($\delta^{13}\text{C}$ = 0,50 ‰ e 5,22 ‰). Para o *Notiomastodon* do norte da Bahia, Sergipe e Rio Grande do Norte alcançaram-se valores semelhantes de $\delta^{13}\text{C}$ no esmalte dentário, variando entre -1,86 ‰ e 0,76‰, indicando uma dieta composta de gramíneas C4. Por fim para *Toxodon*, os valores de $\delta^{13}\text{C}$ variaram entre -3.68 ‰ e -1.00 ‰, a partir de amostras fósseis do norte da Bahia, Rio Grande do Norte e Sergipe. Esses resultados indicam uma dieta com base em gramíneas C4. Por outro lado, Dantas et al. (2013) também encontraram valores mais negativos em amostras do sul da Bahia ($\delta^{13}\text{C}$ = -13,24 ‰), o que indica que este gênero tinha uma dieta mista composta por plantas tipo C3 e C4.

Em outro estudo (FRANÇA et al., 2014), também baseado na análise de isótopos estáveis de carbono e oxigênio, foram amostrados dentes de *Eremotherium* e *Notiomastodon* para a região intertropical Brasil. O estudo concluiu que a dieta do *Eremotherium*, baseada nos valores isotópicos de $\delta^{13}\text{C}$ (entre -7.7‰ e -3.3‰) foi mista, ou seja, baseada em plantas do tipo C3, C4 e possivelmente CAM. Para este mesmo gênero, os dados de $\delta^{18}\text{O}$ (-3.10 ‰ e -1.10‰) indicam uma dieta também composta de plantas do tipo C3, que seguindo os autores do estudo estariam presentes nas bordas e no solo das florestas.

Já os resultados para o *Notiomastodon* $\delta^{13}\text{C}$ variaram entre -1.1‰ e -1.3‰ , indicando uma dieta baseada em gramíneas (C4), enquanto que os valores de $\delta^{18}\text{O}$ entre 2.20‰ e 3.60‰ indicaram um enriquecimento dos valores de $\delta^{18}\text{O}$ nas gramíneas. Com base nesses dois estudos, sabe-se que *Notiomastodon* viveu no Nordeste do Brasil tinha uma dieta baseada em plantas tipo C4, embora outros autores consideraram que este gênero fosse de dieta mista (SÁNCHEZ et al., 2004 e ASEVEDO et al., 2011), os dados de Dantas (2013) e França (2014) indicam uma dieta especializada. Em relação à extinção, poderia se aventar a possibilidade onde os gêneros de megamamíferos com dieta mista poderiam sobreviver ao UMG e HS1. As datações de novos materiais destes animais poderiam constituir um bom teste falseador a nossa hipótese. Duas datas adentrando ao Holoceno para *Notiomastodon* foram consideradas por França et al. (2014) e Dantas et al. (2017), em um universo de dezoito datações consideradas em seus estudos. Essas duas datações procedem de sítios não escavados, sem controle estratigráfico (Maravilha e Poço Redondo), sendo, portanto, descartadas neste estudo. O mesmo critério pode ser estabelecido em relação a cronologia para *Toxodon*. Os últimos levantamentos de datações publicados (Dantas et al., 2013) apontam para somente três datas no total, as quais foram baseadas em materiais de sítios não escavados.

Mas a adaptação alimentar não é o único fator decisivo para determinar quem sobrevive e quem será extinto. Somado a este fator podemos adicionar o avanço e retração da cobertura vegetal, que de modo direto está associado a dieta e ao habitat dos animais. Animais generalistas tendem a ter uma dieta mista, adaptando-se as mudanças climáticas e as alterações de paisagens. No caso específico de megamamíferos como *Eremotherium*, *Notiomastodon* e *Toxodon*, a probabilidade de dependência de áreas abertas (espécies K-adaptadas) deveria ser bem alta, talvez até independente de suas dietas. Em que pese pudessem abrir espaços em áreas de vegetação arbórea (OWEN-SMITH, 1994) o avanço das áreas florestadas deve ter causado uma redução e conseqüente fragmentação das áreas onde viviam. Estas áreas abertas, do tipo savanas, eram necessárias não só para servirem de pastagem, mas também à reprodução e ao desenvolvimento destes animais, bem como às suas demais relações ecológicas. A quebra destes ambientes abertos pode ter afetado estas populações de megaherbívoros de diferentes maneiras. Em princípio, populações que antes viviam em grandes áreas abertas, agora estavam confinadas a áreas menores e conseqüentemente com menor disponibilidade de recursos. A

competição entre estes indivíduos pode ter aumentado a ponto de reduzir o número de indivíduos e sua diversidade genotípica. Isto ocorre porque a redução do habitat afetou os indivíduos adultos, podendo ter interferido drasticamente na taxa de natalidade.

Diferentemente dos megamamíferos o ser humano pode se adaptar e prosperar sob quaisquer condições ambientais. Ainda não há estudos sobre a densidade demográfica das primeiras populações pré-históricas na Região Nordeste, mas sabe-se que durante todo o final do Pleistoceno e ao longo dos primeiros milênios do Holoceno houve um aumento de sítios arqueológicos e da diversidade cultural. É possível que nos últimos anos do Pleistoceno, enquanto a megafauna perdia o seu habitat, o ser humano expandia o seu. Já aquelas espécies como *Hippidion principalle* e possivelmente *Palaeolama major* (ambos com massa corporal inferior a 1000 kg), que possuíam uma dieta mista, conseguiram se adaptar ao avanço das áreas florestadas, mas foram caçadas pelo homem pré-histórico. A abundante disponibilidade de fauna de pequeno porte pode ter atraído a atenção de pequenos grupos de caçadores-coletores. Eles poderiam complementar a sua subsistência gastando menos energia do que seria necessário para caçar presas do porte de uma tonelada.

O trabalho de Pessenda et al., (2010), realizado em três estados do Nordeste Brasileiro, a saber: Piauí, Ceará e Paraíba com a finalidade de estudar mudanças vegetacionais no Pleistoceno Tardio e no Holoceno, utilizou dois métodos de análise para o Quaternário. São eles, os isótopos de carbono e o registro de carvão em solos, que serviram para caracterizar a dinâmica vegetal, os incêndios florestais e sua relação com as mudanças climáticas. Esta pesquisa permitiu concluir com base nas variações de isótopos de carvão a ocorrência de três fases de mudanças na vegetação. A primeira e mais relevante, corresponde a uma fase de floresta entre aproximadamente 18.000 e 10.000 anos A.P. Nesta fase está inserida a cronologia do sítio Tamanduá de Cima, do UMG e do HS1, corroborando os dados apresentados nesta tese. Em relação a extinção, nota-se que a presença de pólenes indicativos de florestas é relatada para um período crucial a megafauna (entre 18.000 e 10.000 anos). Embora os dados de Pessenda et al. (2010) careçam de uma resolução temporal sequencial, eles introduzem a questão do avanço florestal no Nordeste brasileiro em prejuízo ao ambiente savanícola do tipo Cerrado.

A palinologia também trouxe resultados que corroboram o incremento da umidade na região Nordeste durante o final do Pleistoceno e início do Holoceno. No estudo de caso realizado por Oliveira et al. (1999) com os objetivos de: 1. Reconstruir a vegetação e o clima de três áreas do ecossistema da caatinga semiárida, partir da análise palinológica (grãos de pólen, esporos) e outros bioindicadores de sedimentos orgânicos, depositados durante o período equivalente ao UMG no hemisfério norte; 2. Testar hipóteses quanto à evolução da caatinga no que se refere às mudanças climáticas durante a fase final do Pleistoceno; 3. Testar a hipótese da formação de corredores ecológicos entre a Floresta Amazônica e a Mata Atlântica, via caatinga, durante a fase final do Pleistoceno; 4. Testar as hipóteses de esfriamento glacial acompanhado de altas taxas de umidade durante a fase final do Pleistoceno e 5. Testar a hipótese da desintegração da fisionomia da caatinga durante o UMG. Os resultados obtidos indicaram que o clima no Pleistoceno Tardio foi mais úmido do que o clima atual, favorecendo a ocorrência de matas ciliares dentro do Vale do Rio Icatu. É interessante notar que alguns dos táxons arbóreos de floresta pleistocênica do vale do rio Icatu são atualmente restritos a Amazônia e florestas tropicais do Atlântico do Brasil, fornecendo assim evidência direta para as ligações passadas entre a Amazônia e Mata Atlântica; a caatinga já existia na paisagem apenas, mas se estabeleceu por volta de 4.240 anos AP. Estes dados são extremamente interessantes no contexto da extinção e habitats da megafauna, pois demonstram que movimentos de expansão de florestas devem ter reduzido drasticamente as áreas abertas na região Nordeste brasileira.

Após considerar as possíveis hipóteses para extinção da mastofauna pleistocênica (Capítulo 03) e com base nos dados que foram até o presente momento apresentados e discutidos, chega-se ao momento de esclarecer o porquê de nossos dados serem compatíveis com a hipótese do *Broken Zig-Zag*. Ela por si só seria insuficiente tendo em vista que o seu enfoque é a quebra da biomassa, devido à alternância de áreas abertas e fechadas na América do Sul. Deve-se salientar que a escolha pela melhor explicação foi baseada no estudo de um sítio paleontológico, a partir da perspectiva da extinção. Pela primeira vez no Nordeste do Brasil um sítio paleontológico (Tamanduá de Cima), fornece dados paleoambientais e cronológicos concordantes com o incremento da umidade a partir do UMG, além de fornecer dados faunísticos associados. Sabe-se que as mudanças climáticas conduziram a

fragmentação das populações regionais (GRAYSON, 2007), mas qual a natureza dessas mudanças?

As pesquisas realizadas por Auler et al. (2004) em espeleotemas e travertinos localizados na região Nordeste apresentam resultados que coincidem com os resultados encontrados no Sítio Tamanduá de Cima (TC), embora utilizem um conjunto de fontes ambientais distintas daquelas selecionadas para esta tese. Enquanto que no sítio TC foi realizada a análise isotópica e geoquímica dos níveis de arenitos calcíferos de um depósito fluvial, no estudo de Auler e colaboradores foram analisados espeleotemas e travertinos, provenientes dos vales dos rios Salitre e Jacaré no norte do estado da Bahia. Apesar da diferença na proxy ambiental selecionada para estudo, pode-se detectar a ocorrência de três pontos em comum: aumento da precipitação e conseqüentemente da umidade, o avanço da floresta tropical e a redução da temperatura (quando comparada com a temperatura atual). Este estudo corrobora os trabalhos de Arz et al. (1998, 1999) e Behling et al. (2000) que identificaram a ocorrência de intervalos úmidos para o Nordeste do Brasil entre 18.500 e 13.700 cal. AP. Esses eventos de maior precipitação são concordantes com os eventos glaciais no hemisfério norte e são interpretados por esses autores como representando eventos de paleopluviosidade que levariam a um aumento da taxa de sedimentação da costa do Brasil. Como vimos, estes intervalos de maior umidade são concordantes com as datações e as análises de hematita e goethita do sítio Tamanduá de Cima. Auler et al. (2004) salientaram que a formação dos travertinos depende da presença de água na região e que os restos paleobotânicos indicam uma cobertura vegetal condizente com um ambiente mais úmido. No vale do rio Salitre, os travertinos de Salgadinho Produziram idades entre 20.000 e 22.000 anos AP nas camadas horizontais de calcita, dentro afloramento principal. Idades Entre 16.600 e 18.000 anos AP foram obtidas a partir de fragmentos inconsolidados destacados do afloramento principal de travertino. As idades mais jovens (cerca de 11.700 anos de idade) correspondem à última fase da deposição de calcita dentro das cavernas, coincidindo com o YD.

Ante os dados acima apresentados, pode-se considerar que o mesmo evento de mudança climática responsável pelo aumento da precipitação e formação dos travertinos, também formou o depósito fluvial do Tamanduá de Cima, tendo em vista que o aumento da precipitação alimenta imediatamente a rede fluvial (AULER et al., 2004). Isso implica em duas interpretações: Primeiramente que evento paleoambiental

registrado no sítio Tamanduá de Cima há aproximadamente 19.000 anos AP, não estava circunscrito as condições do entorno imediato do sítio, mas sim, fazia parte de um evento em escala regional. Que abrangeria pelo menos toda a área que atualmente é afetada pela Zona de Convergência Intertropical. Em segundo, o UMG marca no sítio Tamanduá de Cima ao menos o início de um processo de extinção da megafauna. Outros sítios, abordados anteriormente como a Lagoa do Uri de Cima e Tanque Fazenda Nova também são bons indicadores do UMG e podem também estar associados aos eventos de extinção. Além disso, a paleoflora encontrada nos travertinos do Norte da Bahia indica a presença de espécies associadas à floresta tropical (AULER et al., 2004). Assim, é possível conceber um cenário no qual populações de megamamíferos estavam sofrendo perda de habitat devido ao aumento das áreas florestadas, enquanto que outros mamíferos mais tolerantes a essas mudanças puderam sobreviver no novo ambiente, como o *Hippidion* por exemplo.

O incremento da precipitação durante o UMG deve ter afetado as bacias hidrográficas da região Nordeste, que obviamente eram mais amplas do que hoje. Isso explicaria a presença de depósitos fluviais pretéritos em áreas altas, hoje semiáridas. O depósito fluvial do Tamanduá de Cima, no município de São Bento do Una é um bom exemplo das condições ambientais e do regime hídrico daquele momento. Isso está evidenciado pela presença das estratificações cruzadas no depósito, indicando um regime de fluxo hidrológico, bem como a presença de níveis cimentados contendo ossos retrabalhados. Há ainda outra questão, de natureza tafonômica, por que havia fósseis bem preservados somente abaixo dos níveis carbonáticos? Teriam sido estes animais arrastados pela correnteza de um grande curso d'água enquanto tentavam migrar para áreas com vegetação mais aberta? Sabe-se que para a boa preservação dos fósseis é necessário um soterramento rápido, o que poderia ter sido provocado por um maior aporte de sedimento para o leito deste curso d'água. Algo semelhante pode ter ocorrido em lagoas e tanques. Embora não se conheça qual a relação destes depósitos com as paleobacias-hidrográficas, é razoável conjecturar com base nos dados que foram apresentados até aqui, que o aporte de sedimento para os tanques e lagoas pleistocênicas pode ter ocorrido ao longo de eventos de maior precipitação e consequente ampliação das redes hidrográficas. Futuros estudos tafonômicos podem trazer alguma luz sobre o assunto. No entanto, com base no que atualmente se sabe sobre os tanques, lagoas e depósitos fluviais pleistocênicos, pode-se afirmar

que um mesmo sítio pode conter fósseis em excelente estado de conservação, com pouco ou nenhum sinal de transporte, e em níveis superiores pode apresentar material fóssil retrabalhado. Esta variação entre níveis bem preservados a baixo e com retrabalhamento acima pode ser observada no Tanque Fazenda Nova e no depósito Tamanduá de Cima.

Conforme os resultados apontam, a megafauna entrou em processo de extinção a partir do UMG, devido ao aumento das chuvas que mudaram a distribuição da cobertura vegetal, ampliando as áreas florestadas em detrimento das áreas abertas. Os taxa afetados foram os megaherbívoros *Eremotherium*, *Notiomastodon* e *Toxodon*. Esse panorama está em concordância com a hipótese do *Broken Zig-Zag*, que resultou numa quebra da biomassa (redução da quantidade de indivíduos, mas não da sua variabilidade). O incremento da precipitação também resultou no aumento das redes hidrográficas, que por sua vez alimentaram as lagoas e os tanques. Esses rios agora com maior volume teriam energia suficiente para transportar e retrabalhar ossos que estivessem dispersos próximos a suas margens. Pode-se presumir que carcaças inteiras também podem ter sido transportadas e em seguida, depositadas. Ou animais que morreram muito próximo (para-autóctene) ou dentro (autóctene) das lagoas e tanques, podem ter sido transportados por distâncias muito curtas, o que preservaria a integridade de ossos como costelas, por exemplo. A alternância entre ossos bem rolados e outros sem qualquer sinal de alteração pelo transporte, foi observada no Tanque Fazenda Nova (Silva, 2013).

Outro ponto fundamental para esta tese, é que ela complementa a hipótese *Broken Zig-Zag* no que concerne a sobrevivência de gêneros da grande (e pequena) fauna em detrimento da megafauna. Já elencamos as razões do motivo da sobrevivência de *Hippidion principale*, por exemplo. Em resumo, a megafauna (>1000 kg) começa a desaparecer a partir do final do UMG, por volta de 17.000 anos AP, enquanto que a grande fauna (<1000kg), mais adaptável as novas condições ambientais, sobrevive ao UMG, as mudanças decorrentes do Estadal HS1 e ao *Younger Dryas*. Sobrevivendo até o Holoceno inicial (Figura 53). As causas para a sua extinção ainda estão em aberto, todavia a coexistência com o homem durante o Holoceno Inicial aponta este fator como decisivo para a sua extinção. Em suporte a esta ideia existem os dados do sítio TJBA (BÉLO e OLIVEIRA, 2013).

Outros dados importantes que sustentam a sobrevivência de pequenos e grandes mamíferos no Holoceno foram publicados por Faure et al. (1999), com

datações de matéria orgânica nos níveis fossilífero de 8.490 ± 120 anos AP e 6.800 ± 60 AP. Entre a fauna encontrada, foi verificada a sobrevivência de cinco gêneros que deveriam estar extintos desde o final do Pleistoceno (*Proproapus*, *Hoplophorus*, *Glyptotherium (sic)*, *Equus* e *Palaeolama*). Além de apresentar uma fauna que sobreviveu até o início do Holoceno, os autores concluíram que este sítio apresenta uma biodiversidade menor do que a encontrada em outros sítios paleontológicos da área. Assim, os resultados da escavação do sítio Toca do Serrote do Artur forneceram um bom suporte a ideia da redução da diversidade de mamíferos do UGM até o Holoceno Inicial. Estes dois aspectos (a sobrevivência da grande fauna no Holoceno e a menor diversidade) são compatíveis com os resultados desta tese.

9 CONCLUSÕES

Em suma, as principais conclusões desta Tese são as seguintes:

- Atualmente existem diversas hipóteses para a extinção da megafauna na América do Sul, dentre elas: caça pelo homem, mudanças ambientais, *Broken Zig-Zag* entre outras. Mas apenas uma delas parece enquadrar-se aos dados aqui estudados: a Hipótese do *Broken Zig-Zag*, todavia com algumas diferenças, notadamente que em nosso modelo reconhecemos momentos distintos para a extinção da mega (>1.000 kg) e da grande fauna (<1.000 kg). Para tanto denominamos o evento de extinção como “extinção em dois passos” (*extinctions in two steps*);
- Os eventos climáticos mais importantes do final do Pleistoceno que refletem mudanças climáticas e ambientais significativas para a extinção da megafauna são: o UMG, o HS1 e o YD. Todos estes eventos estão documentados no Nordeste do Brasil através dos estudos de espeleotemas e dos dados geoquímicos e isotópicos provenientes do sítio Tamanduá de Cima.
- A primeira etapa da extinção se estendendo do UMG (20.000 – 17.000 A.P) até final do HS1 (17.730 – 14.800 A.P) para os megamamíferos. Esta extinção foi provocada por mudanças paleoclimáticas que produziram picos pluviométricos (registrados no UMG e no HS1) e o conseqüente avanço das áreas florestadas, bem como o recuo das áreas abertas. Estas últimas sendo essenciais à sobrevivência da megafauna (> 1000kg).
- A segunda etapa da extinção inicia-se a partir do Holoceno Inicial para os mamíferos da grande fauna (com base nas sólidas evidências da sobrevivência no Holoceno Inicial de gêneros como o *Hippidion* e *Palaeolama* em diversos sítios paleontológicos). Para esta etapa há evidências da interação do homem com a grande fauna (*Hippidion principale* - TJBA), no entanto, os dados não são representativos o suficiente para se deduzir a extinção a partir de um fator exclusivamente antrópico. Pode-se conjecturar com base nos dados uma provável ação combinada de fatores ambientais (YD 12.800-11.600 A.P) e a ação humana (caça) como possíveis causas para a extinção da grande fauna (<1000kg).

- Fornecem suporte a extinção em dois passos os dados paleoclimáticos, cronológicos e faunísticos obtidos no sítio Tamanduá de Cima, no Tanque Incó e no sítio Uri de Cima. A cronologia do depósito fluvial do Tamanduá de Cima resultou em idades entre aproximadamente 15.400 e 19.600 anos AP o que enquadra o sítio no UMG. As análises de Hematita e goethita indicaram valores compatíveis com um clima mais frio e úmido em ressonância com os valores negativos de $\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^{18}\text{O}$. Estes dados estão em conformidades com os resultados de espeleotemas que indicam a ocorrência de intensos períodos de paleopluviosidade no Nordeste brasileiro durante o UMG. Os dados também estão em harmonia com os estudos de dinâmica vegetacional que indicam o avanço e retração de áreas florestadas durante o final do Pleistoceno.
- A presença das pegadas de mamíferos da grande fauna com data de 15.400 anos A.P no Sítio Tamanduá de Cima atesta a sobrevivência de cavalos, cervídeos e lhamas após o UMG. A possível presença de pegadas de um megamamífero (*Toxodon*) pode indicar sua sobrevivência após o UMG.
- A datação e correlação de níveis carbonáticos do final do Pleistoceno no Nordeste brasileiro indica que uma forte fase seca ocorreu em 19.400 ± 220 anos AP (Tanque Fazenda Nova). A correlação destes eventos com a extinção ainda não é clara, mas demonstra a intercalação de eventos secos com fases úmidas de intensa paleopluviosidade.
- As datas disponíveis, bem como os dados de sítios pré-históricos apontam para a convivência entre homem pré-histórico e a megafauna. Mas, a interação homem-megafauna não está demonstrada durante o Pleistoceno Final no Nordeste brasileiro. Em contraste, durante o Holoceno Inicial existem dados que demonstram claramente a interação entre o homem com pelo menos dois taxa extintos (*Hippidion* e *Catonyx*).
- O evento paleoambiental registrado no sítio Tamanduá de Cima há aproximadamente 19.000 anos AP, não estava circunscrito as condições do entorno imediato do sítio, mas sim, fazia parte de um evento em escala regional. Que abrangeria pelo menos toda a área que atualmente é afetada pela Zona de Convergência Intertropical

REFERÊNCIAS

- ALBERDI, M. T; MENEGAZ, A.N; PRADO J.L. Formas Terminales de Hippidion (Mammalia, Perissodactyla) de los Yacimientos de la Patagonia (Argentina y Chile). **Estudios Gel**, 43, p. 107-115, 1987.
- ALVARD, MS. Testing the “ecologically noble savage” hypothesis: interspecific prey choice in Piro hunters of Amazonian Peru. **Hum. Ecol**, 21:355–87, 1993.
- ALVES, R. S. **Os mamíferos pleistocênicos de Fazenda Nova**, Brejo da Madre de Deus, Pernambuco: aspectos tafonômicos, taxonômicos e paleoambientais. Dissertação (Mestrado em Geociências). Recife: UFPE/CTG, 2007.
- ARAMAYO S. 2007. Neogene vertebrate palaeoichnology of the North Atlantic coast of the Rio Negro Province, Argentina. **Arquivos do Museu Nacional**, n 65, p. 573-584, 2007
- ARAMAYO SA, MANERA de Bianco T, Bastianelli NV et al. 2015. Pehuen Co: updated taxonomic review of a late Pleistocene ichnological site in Argentina. **Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology**. 439. p. 144–165, 2015.
- ARAMAYO SA, MANERA de Bianco T. Edad y nuevos hallazgos de icnitas de mamíferos y Aves en el yacimiento paleoicnológico de Puhuen-Co (Pleistoceno tardío), Provincia de Buenos Aires. Argentina. **Asociación Paleontológica Argentina, Publicación Especial**. N 4. P. 47-57, 1996.
- ARAMAYO SA, MANERA de Bianco T. Hallazgo de una icnofauna continental (Pleistoceno tardío en la localidad de Pehuen-Co (partido de Coronel Rosales), Provincia de Buenos Aires, Argentina. Pt. 1 Edentata, Litopterna, Proboscidea. **Congreso Latinoamericano Paleontología**. (Bolivia) 1, p. 516-531, 1987a.
- ARAMAYO SA, MANERA de Bianco T. Hallazgo de una icnofauna continental (Pleistoceno tardío en la localidad de Pehuen-Co (partido de Coronel Rosales), Provincia de Buenos Aires, Argentina. Pt. 2, Carnivora, Artiodactyla y Aves. **Congreso Latinoamericano Paleontología**, (Bolivia) n 1, p. 532-547, 1987 b.
- ARAMAYO SA, MANERA de Bianco T. Late Quaternary palaeoichnological sites from the Southern Atlantic Coast of Buenos Aires Province, Argentina: mammal, bird and hominid evidence. **Ichnos**, n. 16, p. 25-32, 2009.
- ARENAS-Abad C, VÁZQUES-Urbez M, Pardo-Tirapu G., Sancho-Marcén C. Fluvial and associate carbonate deposits. In Carbonates in continental settings: facies, environments and processes, Alonzo-Zarza AM, Tanner LH (eds). **Elsevier**, Amsterdam, p. 133-175, 2010.
- ARZ HW, PATZOLD J, WEFER G. Correlated millennial-scale changes in surface hydrography and terrigenous sediment yield inferred from Last Glacial marine deposits off northeastern Brazil. **Quaternary Research**, n. 50, p. 157–166, 1998.

ARZ HW, PATZOLD J, WEFER G. Climatic changes during the last deglaciation recorded in sediment cores from the northeastern Brazilian Continental Margin. **Geo-Marine Letters**, n 19, p. 209–218, 1999.

ASEVEDO, L., WINCK, G.R., MOTHÉ, D., AVILLA, L.S. Ancient diet of the Pleistocene gomphothere *Notiomastodon platensis* (Mammalia, Proboscidea, Gomphotheriidae) from lowland mid-latitudes of South America: stereomicroscopy and tooth calculus analyses combined. **Quaternary International**, 2011.

AUGUSTO S. AULER, WANG, EDWARDS, CHENG, PATRÍCIA S. CRISTALLI, SMART and RICHARDS. Quaternary ecological and geomorphic changes associated with rainfall events in presently semi-arid northeastern Brazil. **Journal of Quaternary Science**, n 19 (7), p. 693–701, 2004.

AULER, A S; WANG, Xianfeng; EDWARDS, Laurance R; CHENG, Hai; CRISTALLI, Patrícia S; SMART, Piter L and RICHARDS, David A. Quaternary ecological and geomorphic changes associated with rainfall events in presently semi-arid northeastern Brazil. **Journal of Quaternary Science**, n. 19 (7), p. 693–701, 2004.

AULER A S, SMART PL. Late Quaternary paleoclimate in semiarid northeastern Brazil from U-series dating of travertine and water-table espeleotemass. **Quaternary Research**. n. 55, p. 159-167, 2001.

BARNOSKY, Anthony D. “Big Game” extinction caused by late Pleistocene climatic change: Irish Elk (*Megaloceros giganteus*) in Ireland. **Quat.Res**, n 25, p. 128–35, 1986.

BARNOSKY, Anthony D; LINDSEY Emily L. Timing of Quaternary megafaunal extinction in South America in relation to human arrival and climate change. **Quaternary International**, n. 217, p.10–29, 2010.

BEHRENSMEYER & KIDWELL. Taphonomy’s contributions to paleobiology. **Paleobiology Society**, v. 11, n. 1, p. 105-119, 1985.

BEHRENSMEYER, A. K. Taphonomy and paleoecology in the hominid fossil record. *YB. Phys. Anthropol*, n. 19, p. 36 -50, 1976.

BEHRENSMEYER, A. K. The taphonomy and paleoecology of Plio-Pleistocene Vertebrate assemblages of lake Rudolf, Kenya. *Bull. Mus Comp. Zool*, n. 146, p. 473 – 578, 1975.

BEHLING H, ARZ H W, PATZOLD J, WEFER G. 2000. Late Quaternary vegetational and climate dynamics in northeastern Brazil: inferences from marine core Geo B 3104–1. **Quaternary Science Reviews**, n 19, p. 981–994, 2000.

BELLO, Silvia; VERVENIOTOU, Efstratia; LORRAINE, Cornish; PARFITT, Simon A. 3-Dimensional Microscope Analysis of Bone and Tooth Surface Modifications: Comparisons of Fossil Specimens and Replicas. **SCANNING**, v. 33, p. 316–324, 2011.

BÉLO e OLIVEIRA. Análise Tafonômica em Restos Esqueléticos de Hippidion, Sítio Toca da Janela da Barra do Antonião, Piauí, Brasil. **Estudos Geológicos**, v.23 (2), 2013.

BÉLO, Pétrius. **Alterações antrópicas em restos fósseis da megafauna: tafonomia do sítio arqueológico e paleontológico “Toca da Janela da Barra do Antonião”, área arqueológica do Parque Nacional Serra da Capivara, Piauí, Brasil** / Dissertação de Mestrado - UFPE, Recife, 2012.

BELTRÃO MC; ENRIQUEZ CR; DANON J, ZULETA E, POUPEAU G. Thermoluminescence dating of burnet cherts from Alice Boer site (Brazil). In: Bryan AL (ed) *New evidence for the Pleistocene peopling of the Americas*, **Center for the Study of Early Man**, Orono, p. 203-2013, 1986.

BHAYA D, SCHWARZ R. GROSSMAN AR. 2000. Molecular responses to environmental stress. In *The Ecology of Cyanobacteria*, Whitton BA, Potts M. (eds). **Kluwer Academic Publishers**, Dordrecht; 397-442.

BINFORD, Lewis R. **Bones: Ancient Men and Modern Myths**. Academic Press, INC, New York, 1981.

BINFORD, Lewis R. **Em Busca do Passado**. Publicações Europa-America, Ltda, 1983.

BLASCO, Sancho. **Tafonomia y Prehistoria, métodos e procedimientos de investigación**. Departamento de Ciencias de la Anteguedad. Zaragoza, 1992.

BLUMENSCHINE, Robert J. An Experimental Model of Timing of Hominid and Carnivore Influence on Archaeological Bones. **Journal of Archaeological Science**, 15, p. 483-502, 1988.

BOCHIN, F. CREZINNI, J. Morphometrical Analysis on Cut Marks Using a 3D Digital Microscope. **International Journal of Osteoarchaeology**, 2011.

BORRERO, Luis Alberto. Extinction of Pleistocene megamammals in South America: The lost evidence. **Quaternary International**, n 185, p. 69–74, 2008.

BORRERO, Luis Alberto. The Elusive Evidence: The Archaeological Record of the South American Extinct Megafauna. In: HAYNES, Gary (Editor). **American Megafaunal Extinctions at the End of the Pleistocene**. Ed. Springer, 2009.

BRADLEY, B & STANFORD, D. The North Atlantic ice-edge corridor: a possible Paleolithic route to the new world. **World Archaeology**, n 36, p. 459-478, 2004.

BROOK BW, Bowman DMJS. Explaining the Pleistocene megafaunal extinctions: Models, chronologies, and assumptions. **Proc. Natl. Acad. Sci.** n. 99, p. 14624–14627, 2002.

BURNEY e FLANNERY. Fifty Millennia of Catastrophic Extinctions After human Contact. Trends In: **Evology and Evolution**, v. 20, nº 7, July. 2005.

CAJAL J. Situación del guanaco y estrategia de la conservación de los camélidos en la República Argentina. **Subsecretaría de Ciencia y Tecnología**. Buenos Aires, 1980.

CAMENS AB, CAREY SP. Contemporaneous trace and body fossils from a late Pleistocene lakebed in Victoria, Australia, allow assessment of bias in the fossil record. **Plos One**. n. 8,2013.

CARBONELL, Eudald. **Hominídeos: Las primeras ocupaciones de los continentes**. Ed. Ariel, Barcelona, 2008.

CARTELLE C. Pleistocene mammals of the Cerrado and Caatinga of Brazil. In *Mammals of the Neotropics*, Eisenberg JF, Redford KH (eds). **The University of Chicago Press**; 27–46, 1999.

CARVALHO IS, SRIVASTAVA NK. Prováveis pegadas fósseis do Holoceno do Rio Grande do Norte (Forte do Reis Magos, Natal). **Anais**, Simpósio de Geologia do Nordeste: 235-238, 1995.

CASAMIQUELA R. El bipedismo de los megaterioides. Estudio de pisadas fósiles en la formación Río Negro típica. **Ameghiniana**, n. 11, p. 249-282, 1974.

CASAMIQUELA RM, CHONG Diaz G. Icnitas (Mammalia, Equidae?) en rocas del Plioceno de la costa Prov. de Antofagasta, Chile. Congreso Argentino de **Paleontología y Bioestratigrafía**, **Actas**, n. 1, p. 87-103, 1975.

CASAMIQUELA RM. Pisadas del Pleistoceno (Superior?) del balneario Monte Hermoso, Provincia de Buenos Aires. La confirmación del andar bipedal en los megaterioides. **Cuadernos del Instituto Juan XXIII**, n. 4:1–21, 1983.

CHENG H, Ashish S, CRUZ FW et al. 2013. Climate change patterns in Amazonia and biodiversity. **Nature Communications**, n. 4, p.1411, 2013

Cione AL, Tonni EP, Soibelzon LH. The broken zig-zag: Late Cenozoic large mammal and turtle extinction in South America. **Revista del Museo Argentino de Ciencias Naturales “Bernardino Rivadavia”**, n. 5:1–19, 2003.

CIONE, TONNI e SOIBELSON. Did Humans Cause the Late Pleistocene – Early Holocene Mammalian Extinctions In South American in: a Contexto of Shrinking Open Areas? **Springer**, 2009.

CLARK PU, DYKE AS, SHAKUN JD et al. The Last Glacial Maximum. **Science** **325**, p. 710-714, 2007.

COLTRAIN JB, HARRIS JM, CERLING TE, EHLERINGER JR, DEARING M-D, WARD J, ALLEN J. Rancho La Brea stable isotope biogeochemistry and its implications for the palaeoecology of late Pleistocene coastal southern California. **Palaeogeogr, Palaeoclimatol, Palaeoecol**, n. 205, p. 199–219, 2004.

CRAIG H. Isotopic standards of carbon and oxygen and correction factors for mass-spectrometric analysis of carbon dioxide. **Geochimica et Cosmochimica**, n. 12, p. 133-149, 1957.

CROOKS KR. Relative sensitivities of mammalian carnivores to habitat fragmentation. **Conserv. Biol**, n. 16, p. 488–502, 2002.

CRUZ FW, VUILLE M, BURNS SJ et al. Orbitally driven east-west antiphasing of South American precipitation. **Nature Geoscience**, n. 2: 210-214, 2009.

CRUZ, VUILLE, BURNS, WANG, CHENG, WERNER, EDUWARDS, KARMANN, AULER and NGUYEN. Orbitally driven east-west antiphasing of South American precipitation. **Nature Geoscience**, n. 22, February. 2009.

DANTAS MAT, DUTRA RP, CHERKINSKY A *et al.* Paleoecology and radiocarbon dating of the Pleistocene megafauna of the Brazilian Intertropical Region. **Quaternary Research**, n. 79, p. 61-65, 2013.

DE OLIVEIRA, PESSEDA LC, BARRETO AMF *et al.* 2014. Paleoclimas da Caatinga brasileira durante o Quaternário tardio. In: CARVALHO, IS (Editor). *Cenários da vida: paleoclimas*: Rio de Janeiro, p. 501-516, 2014.

DIAS, Adriana Schmidt; BUENO, Lucas. The Inicial Colonization South American Eastern Lowlands: Brazilian Archaeology Contributions to Settlement of American Models. In: GARF et al. **Paleoamerican Odyssey**. A & M University Press, p. 339-358, 2014.

DILLEHAY, T.D. Profiles in Pleistocene history. In: Silvermann, H., Isbell, W.H. (Eds.), **Handbook of South American Archaeology**. Springer, New York, 2008.

DILLEHAY, T.D. Probing deeper into first American studies. **Proceedings** of the National Academy of Sciences of the United States of America. n. 106, p. 971-978, 2009.

DINERSTEIN E, OLSON DM, GRAHAM DJ *et al.* **A conservation assessment of the terrestrial ecoregions of Latin America and the Caribbean**. The World Bank, Washington, DC. 1995.

EFREMOV. Taphonomy: New Branch of Paleontology. **Pan-American Geologist**, vol. 74, p. 81-93, 1940.

EICKHOFF, S & HERMANN, B. *Surface Marks on Bones from a Neolithic Collective Grave (Odagsen, Lower Saxony). A Study differential Diagnosis*. **Institut für Anthropologie der Georg-August universitat**, November. 1984.

ERLANDSON, Jon M. After Clovis First Collapsed: Reimagining The Peopling of the Americas. In *Paleoamerican Odyssey*. **Texas A & M University Press**. p. 127 – 132, 2014.

FERIGOLO, Jorge. Late Pleistocene South American Land-mammal extinctions: the infection hypothesis. In: RABASSA, Jorge; SALEMME, Mónica (Editores). **Quaternary Of South America and Antarctic Peninsula**. Centro Austral de Investigaciones Científicas and Universidade Nacional de la Patagonia, Ushuaia, Tierra de Fuego. 1996.

FICCARELLI, G; COLTORTI, M; MORENO-ESPINOSA M; PIERUCINI PL; ROOK L, TORRE D. A model for the Holocene extinction of the mammal megafauna in Ecuador. **J. SouthAm. EarthSci**, n. 15, p. 835–45, 2003.

FIEDEL, Stuart J. Prehistoria de América. Ed. Crítica, Barcelona 1996.

FIRESTONE, RB; TOPPING, W. Terrestrial evidence of a nuclear catastrophe in Paleoindian times. **Mammoth Trumpet**, n. 16 (2), p. 9–16, 2001.

FIRESTONE, RB; WEST A. Evidence for the extinction of mammoths by an extraterrestrial impact event. Paper presented at Second International World of Elephants **Congress**, Sept. p. 22–25, Hot Springs, SD. 2005.

FIRESTONE, RB; WEST, A; REVAY, Z; BELGYA T, SMITH A, QUE HEE SS (2007). Evidence for a massive extraterrestrial airburst over North America 12.9 ka Ago. **Eos Trans. AGU**, p. 88(23), Jt. Assem. Suppl., Abstract PP41A-01. 2007.

FISHER, John W. *Bones Surface Modifications in Zooarchaeology*. **Journal of Archaeological Method and Theory**. V. 2, n. 1, 1995.

FOSTER, MA. Self-organised instability and megafaunal extinctions in Australia. **Oikos**, n. 103:235–39, 2004.

FRANÇA LM, DANTAS MAT, BOCHIGLIERI A *et al*. Chronology and ancient feeding ecology of two upper Pleistocene megamammals from the Brazilian Intertropical Region. **Quaternary Science Reviews**, n. 99, p. 78-83, 2014.

FRANÇA, Lucas de Melo; DANTAS, Mário André Trindade; BOCCHIGLIERI, Adriana; CHERCKINSKY, Alexander; RIBEIRO Adauto de Souza; BOCHERENS Hervé. Chronology and ancient feeding ecology of two upper Pleistocene megamammals from the Brazilian Intertropical Region. **Quaternary Science Reviews**, n. 99, p.78-83, 2014.

FRANKLIN W. Biology, ecology and relationship to man of the South American camelids. In *Mammalian Biology in South America*, Mares MA, Genoways HH (eds). **Pymatuning Symposium Ecology Special Publication**, University of Pittsburg: Pittsburg, 457–489, 1982.

GARCÍA A, MARTÍNEZ Carretero E, DACAR MA. Presence of Hippidion at two sites of western Argentina: Diet composition and contribution to the study of the extinction of Pleistocene megafauna. **Quat Intl**, n. 180(1), p.22–29, 2008.

GONZÁLEZ BA, PALMA RE, ZAPATA B *et al*. Taxonomic and biogeographical status of guanaco *Lama guanicoe* (Artiodactyla, Camelidae). **Mammalian Review** n. 36, p. 157-178, 2006.

GRAHAM, RW; LUNDELIUS, ELJ. Coevolutionary disequilibrium and Pleistocene extinction. See Martin & Klein 1984, pp. 223–49, 1984.

GRAHAM RW. Triggers, thresholds, Russian roulette, and Pleistocene extinctions. Paper number 122–0, presented at the **Annual Meeting of the Geological Society of America**, Boston, MA, November 1–1, 2001.

GRAHAN RW. Environmental models for late Pleistocene megafaunal extinctions and MIS 5E. Paper presented at the XVI INQUA Congress, 23–30 July, 2003, Reno, NV. Abstract published in XVI INQUA **Congress Programs with Abstracts**, p 89, 2003.

GRAYSON DK. Deciphering North American Pleistocene extinctions. **J Anthropol Res**, n. 63(2):185–214, 2007.

GROOTES PM, STUIVER M. Oxygen 18/16 variability in Greenland snow and ice with 103 to 105 –year time resolution. **Journal Geophysical Research**, n. 102, p. 26455-26470, 1997.

GUAMBÉRI, Lydia. *O Pleistoceno na Área Arqueológica de São Raimundo Nonato, Piauí, Brasil*. **Anais do I Simpósio de Pré-História do Nordeste Brasileiro**. Recife, 1991.

GUÉRIN C, FAURE C. *Palaeolama (Hemiauchenia) niedae nov. sp., nouveau camelidae du Nordeste brésilien et sa place parmi les lamini d'Amérique du sud*. **Geobios**, n. 32, p. 629-659, 1999.

GUÉRIN, C. CURVELO M.A. *A Fauna Pleistocênica do Piauí: Relações paleo-ecológicas e biocronológicas*. **Revista Fundamentos**, v1, n. 1, p. 55-103, 1996.

GUÉRIN, C. FAURE, M. R. SIMÕES, P. HUGUENEY, M. MOURER-CHAUVIRE. *Toca da Janela da Barra do Antonião: Rica fauna pleistocênica e registro da pré-história brasileira*. **Sítios Geológicos e Paleontológicos do Brasil**, UNB, 1993.

GUIDON N; DELIBRAS G. Carbon 14 dates point to man in the Americas before 32,000 years ago. **Nature**, n. 320, p. 769-771, 1986.

GUIDON, Niède. *Notas Sobre Dois Sítios Arqueológicos da Área Arqueológica de São Raimundo Nonato*. **Anais do I Simpósio de Pré-História do Nordeste Brasileiro**. Recife, 1991.

GUIDON, Niède; Felice, Giseli Daltrini; BUCO, Cristiane; IGNÁCIO, Elaine. *Toca das Moendas, Piauí-Brasil, Primeiros Resultados das Escavações Arqueológicas*. **Fundamentos** n. VIII, p. 71 – 83, 2009 b.

GUIDON, Niède; PESSIS, Anne-Marie; Martin, Gabriela. *Pesquisas Arqueológicas na Região do Parque Nacional Serra da Capivara Piauí (1998 – 2008)*. **Fundamentos** n. VIII, p. 2 – 60, 2009.

GUIDON, Niède; PESSIS, Anni-Marie; MARTIN, Gabriela. *Pesquisas na Região do Parque Nacional Serra da Capivara e Seu Entorno*. **Fundamentos** n. VIII, p. 2 - 60, 2009 a.

GUTHRIE, RD. **Mosaics, allelochemicals, and nutrients: an ecological theory of Late Pleistocene megafaunal extinctions**. See Martin & Klein, pp. 259–98, 1984.

HÄGALE D, LEINFELDER R, GRAU J et al. 2006. Oncoids from the river Alz (southern Germany): tiny ecosystems in a phosphorus-limited environment. **Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology**, n. 237, p. 378-395, 2006.

HAYNES, G. Longitudinal studies of African elephant death and bones deposits. **Journal of Archaeological Science**, n. 15, p. 131 -157, 1988.

HAYNES. **American Megafaunal Extinctions at the End of the Pleistocene**. Ed. Springer New York, 2009.

HEIN AS, HULTON NRJ, DUNAI TJ et al. The chronology of the Last Glacial Maximum and deglacial events in central Argentine Patagonia. **Quaternary Science Reviews**, n. 29, p. 1212–1227, 2010.

HOLEN, Steven R; DEMÉRÉ Thomas A; FISHER, Daniel C; FULLAGAR, Richard; PACES, James B; JEFFERSON, George T; BEETON, Jared M; CERUTTI, Richard A; ROUNTREY, Adam N; VESCERA, Lawrence & HOLEN, Kathleen A. A 130,000-year-old archaeological site in southern California, USA. **Nature**, v. L, p. 544, 27 April. 2017.

HUBBE, Alex; HUBBE, Mark Hubbe and Walter A. Neves. The Brazilian megamastofauna of the Pleistocene/Holocene transition and its relationship with the early human settlement of the continent. **Earth-Science Reviews**, n.118, p. 1-10, (2013).

JACKSON, D., PRIETO, A. Estrategias tecnológicas y conjunto lítico del contexto paleoindio de Cueva de Lago Sofia 1, Última Esperanza, Magallanes. **Magallania**, (Chile), n. 33, 115–120, 2005.

JI J, CHEN J, BALSAM W et al. High resolution hematite/goethite records from Chinese loess sequences for the last glacial-interglacial cycle: rapid climatic response of the East Asian Monsoon to the tropical Pacific. **Geophysical Research Letters**, n. 31, p. 3207, 2004.

JOHSON, Eileen; BEMENT, Leland C. Bison Butchery at Cooper, a Folsom Site on the southern plains. **Journal of Archaeological science**, n. 36, p. 1430–1446, 2009.

KÄMPF N, SCHWERTMANN U. Goethita and hematite in a climo-sequence in southern Brazil and their application in classification of kaolinitic soils. **Geoderma**, n. 29, p. 27-39, 1983.

KING JE, SAUNDERS JJ. 1984. Environmental insularity and the extinction of the American mastodont. See Martin & Klein 1984, pp. 315–39

KINOSHITA, Angela; MEYER, Elver; MENDES Vinícius Ribau; FIGUEIREDO Ana Maria G. and BAFFA. Electron Spin Resonance Dating of Megafauna from Lagoa dos Porcos, Piauí, Brazil. **Radiation Protection Dosimetry**, v. 159, n. 1–4, p. 212 –219, 2014.

KOCH e BARNOSKY. Late Quaternary Extinctions: State of the Debate. **Annual Review of Ecology, Evolution and sistematcs**, 2006.

LEDRU MP, CECCANTINI G, Gouveia SEM et al. Millennial-scale climatic and vegetation changes in a northern Cerrado (Northeast, Brazil) since the Last Glacial Maximum. **Quaternary Science Reviews**, n. 25, p. 1110-1126, 2006.

LEDRU MP, MOURGUIART P, CECCANTINI G et al. Tropical climates in the game of two hemispheres revealed by abrupt climatic change. **Geology**, n. 30, p. 275–278, 2002.

LIMA, Tania Andrade. O Povoamento Inicial do Continente Americano: migrações, contextos, datações. In: RODRIGUES-CARVALHO, Claudia (Organizador). **Nossa Origem O Povoamento das Américas Visões Multidisciplinares**. Ed. Vieira & Lent, Rio de Janeiro, 2006. P. 77-104.

LIMA, Marcos Galindo. **Ocupações Pré-Históricas em Conceição das Creoulas Salgueiro – PE**. Dissertação de Mestrado – UFPE, Recife, 1995.

LYMAN, R. LEE. **Vertebrate Taphonomy**. Cambridge: University Press, 2001.

LOCKLEY MG. The vertebrate track record. **Nature**, n. 396, p. 429–432, 1998.

LORENZEN, Eline D; BRAVO, David Nogués; ORLANDO Ludovic; WEINSTOCK, Jaco; BINLADEN, Jonas; MARSHE, Katharine A. Species-specific responses of Late Quaternary megafauna to climate and humans. **Nature**, v. 479, 2011.

LOURDEAU, Antoine; PAGLI, Marina. Caracterização Tecnológica da Indústria Lítica. **Fundamentos**, n. X, 2013.

LUCAS SG, HUNT AP. 2007. Ichnotaxonomy of camel footprints. In: LUCAS, SG, SPILMANN, JA, LOCKLEY M.G. (Editores). **Cenozoic vertebrate tracks and traces**. New Mexico Museum of Natural History and Science Bulletin; 155-168, 2007.

MARTIN PS. Pleistocene Overkill. **Nat Hist**, n. 76, p. 32–38, 1967.

MARTIN PS. The discovery of America. **Science**, n. 179 (4077), p. 969–974, 1973.

MARTIN, PS. Prehistoric Overkill: The global model. In: MARTIN, PS, KLEIN, RG (Editores) **Quaternary extinctions: A prehistoric revolution**. University of Arizona Press, Tucson, 1984. p 354–403.

MARTIN PS, Steadman DW (1999) Prehistoric extinctions on islands and continents, In: MacPhee RDE (ed) **Extinctions in near time**. Kluwer/Plenum, New York, 1999. pp 17–55.

Mc DONALD G, WHITE RS, LOCKLEY MG et al. 2007. An indexed bibliography of Cenozoic vertebrate tracks. In: LUCAS, SG; SPILMANN, JA; LOCKLEY, MG. (Editores). **Cenozoic vertebrate tracks and traces**. New Mexico Museum of Natural History and Science Bulletin. 2007, p. 275-302.

MCPHEE e MARX. The 40,000 year plague: humans, hyperdisease, and first contact extinctions. In: GOOGMAN, SM; PETTERSON, BR. (Editores). **Natural Change and Human Impact in Madagascar**. Washington, DC: Smithson. Inst. Press. 1997. p. 169-214.

MELTZER David J. Pleistocene Overkill and North American Mammalian Extinctions. **Annu. Rev. Anthropol**, n. 44, p. 33–53, 2015.

MENDONÇA R, ALVARENGA H. New records of toxodonts (Notoungulate, Toxodontidae) of Pleistocene of Brazil. **Ameghiniana**, n. 44, 2017

MIALL AD. **The geology of fluvial deposits: sedimentary facies, basin analysis and petroleum geology**. Springer, Berlin, 1996.

MIALL AD. **Fluvial Depositional Systems**. Springer, Berlin, 2014.

MILLER GH, Magee JW, Johnson BJ, Fogel ML, Spooner NA. Pleistocene extinction of *genyornis newtoni*: Human impact on australian megafauna. **Science**, n. 283, 1999.

Miotti L, Salemme M, Rabassa J. Radiocarbon chronology at Piedra Museo locality. In: Miotti L, Salemme M, Flegenheimer N (eds) *Where the south winds blow: Ancient evidence of Paleo South Americans*. Center for the Study of the First Americans, Texas A&M, p. 99–104, 2003.

MOLENA F, HÖFLING E, ALVARENGA H. Variações intraespecíficas no carpo e no metacarpo de mastodontes em uma localidade do Nordeste do Brasil. **Ameghiniana**, n. 48, p.184, 2011.

MURRAY A S, WINTLE AG. Luminescence dating of quartz using an improved single-aliquot regenerative-dose protocol. **Radiation Measurements**, n. 32, p. 57-73, 2000.

MUTZENBERG, Demétrio. Sítio Arqueológico Lagoa Uri de Cima: Cronoestratigrafia de Eventos Paleoambientais no Semiárido Nordestino. **Fundamentos**, n. X, 2013.

NEVES, Walter Alves; PILÓ, Luís Beethoven. **O Povo de Luzia – em busca dos primeiros americanos**. São Paulo, Editora Globo, 2008.

NOVELLO, Valdir F; CRUZ, Francisco W; VUILLE, Mathias; STRÍKIS Nicolás M; EDWARDS R. Lawrence; CHENG, Hai; EMERICK Suellyn; PAULA Marcos S; LI Xianglei; BARRETO, Eline de S; KARMANN Ivo & SANTOS Roberto V. A high-resolution history of the South American Monsoon from Last Glacial Maximum to the Holocene. **Nature, Scientific Reports**, n. 7, p. 44267, 2017.

O'BRIEN GR, KAUFMAN DS, SHARP WD et al. 2006. Oxygen isotope composition of annually banded modern and mid-Holocene travertine and evidence of paleomonsoon floods, Grand Canyon, Arizona, USA. **Quaternary Research**, n. 65, p. 366-379, 2006.

OLIVEIRA, Paulo E de; BARRETO, Alcina; KENITIRO, Suguio. Late Pleistocene /Holocene Climatic and Vegetational History of the Brazilian Caatinga: The Fossil Dunes of the Midle São Francisco. **Palaeogeography, Paleoclimatology, Paleoecology**, n. 152, p. 319 – 337, 1999.

OLIVEIRA EV, PORPINO KO, SILVA FM. New material of *Pachyarmatherium* from the late Pleistocene of northeastern Brazil: insights into its morphology and systematics. **Paläontologische Zeitschrift**, n. 87, p. 505-513, 2013.

OLIVEIRA, Édison Vicente; BARRETO, Alcina M. França e ALVES, Rosemberg. Aspectos sistemáticos, paleobiogeográficos e paleoclimáticos dos mamíferos

quaternários de Fazenda Nova, PE, Nordeste do Brasil. **Journal of Geoscience**, n. 5 (2), p.75-85, jul/dez. 2009.

PAULA COUTO C. **Tratado de Paleomastozoologia**. Academia Brasileira de Ciências: Rio de Janeiro, 1979.

PAULA, Marcus Vinícius Sanzzoni de. **Vestígios Arqueológicos na Formação Cacimbas: Sítio Lagoa da Pedra/Salgueiro – Pernambuco**. Dissertação de Mestrado – UFPE, Recife, 1998.

PEDLEY HM, ROGERSON M, MIDDLETON R. The growth and morphology of freshwater calcite precipitates from in vitro mesocosm flume experiments. **Sedimentology**, n. 56, p. 511-527, 2009.

PESSENDA LCR; GOUVEIA; RIBEIRO; OLIVEIRA; AVARENA . Late Pleistocene and Holocene vegetation changes in northeastern Brazil determined from carbon isotopes and charcoal records in soils. **Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology**, n. 297, p. 597–608, 2010.

PESSENDA LCR, SOUZA RIBEIRO A, GOUVEIA SEM et al. Vegetation dynamics during the late Pleistocene in the Barreirinhas region, Maranhão State, northeastern Brazil, based on carbon isotopes in soil organic matter. **Quaternary Research**, n. 62, p. 183-193, 2004.

PARENTI, Fabio. Les industries lithiques du site paléontologique de la Lagoa da Pedra (Pernambuco) et le passage pléistocène-holocène dans le Nordeste du Brésil In: **Journal de la Société des Américanistes**, n. 82, p. 9-29, 1996.

PETERSON LC, HAUG GH, HUGHEN KA et al. 2000. Rapid changes in the hydrologic cycle of the Tropical Atlantic during the last glacial. **Science**, n. 290, p. 1947-1951.

PEYRE, Evelyne. Nouvelle Découverte d'un Homme Préhistorique Américain: Une Femme de 9.700 ans au Brésil, **C R ACAD SCI**. Paris, n. 316, p. 839 – 842, 1993.

PEYRE, Évelyne; GRANAT Jean; GUIDON, Niède. Dentes e Crânios Humanos Fósseis do Garrincho (Brasil) e o Povoamento da América. **Fundamentos**, n. VIII, p. 63 – 69, 2009.

POLITIS GG, PRATES L, MERINO, ML et al. 2011. Distribution parameters of guanaco (*Lama guanicoe*), pampas deer (*Ozotoceros bezoarticus*) and marsh deer (*Blastocerus dichotomus*) in Central Argentina: Archaeological and paleoenvironmental implications. **Journal of Archaeological Science**, n. 38, p. 1405-1416, 2011.

POLITIS, G; PREDO, JL; BEUKENS, R. The human impact in Pleistocene-Holocene extinction in South America. In: Johnson E (ed) **Ancient peoples and landscapes**. Museum of Texas Tech University, Lubbock, 187-205, 1995.

PRESCOTT JR, HUTTON JT. 1994. Cosmic ray contributions to dose rates for luminescence and ESR dating: large and long term time variations. **Radiation Measurements**, n. 23, p. 497-500, 1994.

Prous, A., Fogaça, E. Archaeology of the Pleistocene–Holocene boundary in Brazil. **Quaternary International**, n. 53 (54), 21–4, 1999.

RENFREW and BAHN. **Arqueología: Teorías, métodos e prácticas**. 2ª Ed. Akal. Madri, 2013.

RIBEIRO LMAL, SAWAKUCHI AO, WANG H et al. 2015. OSL dating of Brazilian fluvial carbonates (tufas) using detrital quartz grains. **Quaternary International**, n. 362, 146–156, 2015.

ROTHHAMMER, F., DILLEHAY, T.D. The late Pleistocene colonization of South America: an interdisciplinary perspective. **Annals of Humans Genetics**, n. 73, p. 540–549, 2009.

SÁNCHEZ, B; PRADO, J L; ALBERDI, M T. Feedingecology, dispersal, and extinctionof South American Pleistocene gomphotheres (Gomphotheriidae, Proboscidea). **Paleobiology**, n. 30 (1), 146–161, 2004.

SÁNCHEZ B, JL PRADO & MT ALBERDI. Ancient feeding, ecology and extinction of Pleistocene horses from the Pampean region (Argentina). **Ameghiniana**, n. 43, p. 427–436, 2006.

SANTOS, Marcos César Pereira. **A jazida arqueológico-paleontológica Toca da Janela da Barra do Antonião: Estratigrafia e Indústria Lítica**. Dissertação, Instituto Politécnico de Tomar – Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, 2011/2012.

Scherer CS. 2013. The Camelidae (Mammalia, Artiodactyla) from the quaternary of South America: cladistic and biogeographic hypotheses. **Journal of Mammalian Evolution**, n. 20, p. 45-56, 2013.

SHIPMAN & ROSE. *Early Homind Hunting, Butchering and Carcass-Processing Behaviors: approaches to the fossil record*. **Journal Anthropological Archaeology**, n. 2, p. 57-98, 1983[a].

SHIPMAN & ROSE. *Evidence of Butchery and hominid activities at Torralba and Ambrona; an evaluation using microscopic techniques*. **Journal of Archaeological Science**, n. 10, p. 465-474, 1983[b].

SILVA FM, Alves RS, BARRETO AMF et al. A megafauna pleistocênica do Estado de Pernambuco. **Estudos Geológicos**, n. 16, p. 55-66, 2006.

SILVA, Fabiana Marinho da. **Tafonomia em tanque de Fazenda Nova, município de Brejo da Madre de Deus, Estado de Pernambuco, Nordeste do Brasil**. Tese de Doutorado, UFPE, Recife, 2013.

Silva-Filho AF, Gomes HA, Silva JMR et al. 2008. **Geologia da Folha Venturosa (SC.24-X-B-V)**. CPRM: Brasília.

SMITH JR, Giegengack R, Schwarcz HP. Constraints on Pleistocene pluvial climates through stable-isotope analysis of fossil-spring tufas and associated gastropods,

Kharga Oasis, Egypt. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, n. 206, p. 157-175, 2004.

SOLÉ RV, Alonso D, McKane A. Self-organized instability in complex ecosystems. *Philos. Trans. R. Soc*, London, p. 357-667, 2002.

STANFORD, D & BRADLEY, B. The Solutrean Solution. Did Some Ancient Americans Come From Europe? *Discovering Archaeology*, n. 2, p. 54-55, 2000.

STEELE, James and POLITIS, Gustavo. AMS 14C dating of early human occupation of southern South America. *Journal of Archaeological Science*, n. 36, p. 419–429, 2009.

TATUMI S, OLIVEIRA EV, FERREIRA T, et al. 2015. OSL and FTIR-VIS spectroscopy analysis of mammal-bearing Pleistocene deposits. *International Journal of Luminescence and Applications*, n. 5, p. 36-40, 2015.

TERREROS, José Yravedra Sainz de los. *Tafonomía Aplicada à Zooarqueología*. Madrid: Ed. UNED, 2006.

UBILLA M. Late Pleistocene of South America. Vertebrate records. In *Encyclopedia of Quaternary Science*, Elías S (ed). *Elsevier*, p. 3175-3189, 2007.

VIANA MSS, SILVA JLL, OLIVEIRA PV et al. Hábitos alimentares em herbívoros da megafauna pleistocênica no Nordeste do Brasil. *Estudos Geológicos*, n. 21, p. 89-95, 2011.

VILLAVICENCIO, Natalia A; LINDSEY Emily L; MARTIN Fabiana M; BORRERO Luis A; MORENO Patricio I; MARSHAL Charles and BARNOSKY Anthony D. Combination of humans, climate, and vegetation change triggered Late Quaternary megafauna extinction in the Última Esperanza region, southern Patagonia, Chile. *Ecography*, n. 39, p. 125–140, 2016.

WANG X, AULER AS, EDWARDS RL et al. 2004. Wet periods in northeastern Brazil over the past 210 kyr linked to distant climate anomalies. *Nature*, n. 432, p. 740-743, 2004.

WANG X, CRUZ FW, AULER AS; CHENG, H; EDWARDS, R.L. Millennial-climate variability recorded in Brazilian speleothems. *Science Highlights: Speleothem Research* Pages News 16: 31-32, 2008.

WATERS, Michael; STAFFORD, Thomas W Jr; McDONALD, H. Gregory; GUSTAFSON, Carl; RASMUSSEN, Morten; CAPPELLINI, Enrico; OLSEN, Jasper V; SZKLARCZYK Damian; JENSEN, Lars Juhl; GILBERT, M. Thomas P; WILLERSLEV, Eske. Pre-Clovis Mastodon Hunting 13,800 Years Ago at the Manis Site, Washington. *Science*, n. v. 334, 21 Oct. 2011.

WHEELER J. 1995. Evolution and present situation of the South-American Camelidae. *Biological Journal of the Linnean Society*, n. 52, p. 271–295, 1995.

WILLIAMS DF, THUNELL RC, TAPPA E et al. 1988. Chronology of the Pleistocene oxygen isotope record: 0.21.88 m.y. A.P. **Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology**, n. 64, p. 221-240,1988.

WROE S, FIELD J, FULLAGAR R, JERMIN LS. Megafaunal extinction in the LateQuaternary and the global overkill hypothesis. **Alcheringa**, n. 28, p. 291–31, 2004.