

GEOARQUEOLOGIA



Grão Chanceler

Dom Washington Cruz, CP

Reitor

Prof. Wolmir Therezio Amado

Editora da PUC Goiás

Pró-reitora da Pós-Graduação e Pesquisa e Presidente do Conselho Editorial

Profa. Milca Severino Pereira

Coordenadora Geral da Editora da PUC Goiás

Profa. Nair Maria Di Oliveira

Conselho Editorial

Aidenor Aires Pereira – Presidente do Instituto Histórico e Geográfico do Estado de Goiás

Edival Lourenço – União Brasileira de Escritores

Getúlio Targino – Presidente da Academia Goiana de Letras

Heloísa Helena de Campos Borges – Presidente da AFLAG

Profa. Heloísa Selma Fernandes Capel – UFG

Profa. Dra. Maria do Espírito Santo Rosa Cavalcante – Pontifícia Universidade Católica de Goiás

Profa. Dra. Márcia de Alencar Santana – PUC Goiás

Maria Luíza Ribeiro – Presidente da AGL

Profa. Dra. Regina Lúcia de Araújo – Pesquisadora

Prof. Ms. Roberto Malheiros – PUC Goiás

GEOARQUEOLOGIA

JULIO CEZAR RUBIN DE RUBIN
ROSICLÉR THEODORO DA SILVA
ORGANIZADORES



Goiânia - GO
2013



GEOARQUEOLOGIA

© by Julio Cezar Rubin de Rubin • Rosiclér Theodoro da Silva (Orgs.)

Editora da PUC Goiás
Rua Colônia, Qd. 240-C, Lt. 26-29
Chácara C2, Jardim Novo Mundo
Cep. 74.713-200 – Goiânia – Goiás – Brasil
Secretaria e Fax 62 3946-1814 – Revistas 62 3946-1815
Coordenação 62 3946-1816 – Livraria 62 3946-1080
www.pucgoias.edu.br/editora

Comissão Técnica

Biblioteca Central da PUC Goiás

Normalização

Albanisa Martins do Nascimento Antunes

Revisão

Felix Padua

Editoração Eletrônica e Arte Final de Capa

Laerte Araújo Pereira

Capa

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Biblioteca da Pontifícia Universidade Católica de Goiás, GO, Brasil

G342 Geoarqueologia / Julio Cezar Rubin de Rubin, Rosiclér Theodoro da Silva / Organizadores. – Goiânia: Ed. da PUC Goiás, 2013.
270 p.; 22 cm

ISBN 978-85-7103-841-7

1. Arqueologia e Geociências. 2. Geoarqueologia - América Latina. I. Rubin, Julio Cezar Rubin de (org). II. Silva, Rosiclér Theodoro da (org.). III. Título.

CDU: 902 (8)

Todos os direitos reservados. Nenhuma parte deste livro pode ser reproduzida, armazenada em um sistema de recuperação ou transmitida de qualquer forma ou por qualquer meio, eletrônico, mecânico, fotocópia, microfilmagem, gravação ou outro, sem escrita permissão do editor.

Impresso no Brasil

Sumário

Apresentação..... 7

CAPÍTULO I

Geoarqueologia y Tafonomía en la Cuenca de Potrok Aike... 9

Luis A. Borrero • Ramiro Barberena

Judith Charlin • Patricia Campan

CAPÍTULO II

Diversidade da população microbiana em solos terra preta arqueológica e resíduos terra preta nova, na Amazônia paraense 25

Maria de Lourdes Pinheiro Ruivo • Sávia Poliana da Silva

Diocléa Almeida Seabra Silva • Rosigrêde Lima da Silva

Ismael de Jesus Matos Viégas

CAPÍTULO III

Arqueoestratigrafia: processos naturais e ação antrópica... 45

Julio Cezar Rubin de Rubin • Rosiclér Theodoro da Silva

Samara Dyva Ferreira Marcos • Kenitiro Suguio

CAPÍTULO IV

Geoarqueologia en la costa atlantica norpatagonica: contexto geomorfológico, cronológico y ambiental del registro litoral..... 69

Cristian M. Favier Dubois

CAPÍTULO V

**Pesquisas arqueométricas na Amazônia, com ênfase
no material cerâmico** 91

Dirse Clara Kern • André Heron

Bruno Apolo Miranda Figueira • Jucilene Amorim Costa

CAPÍTULO VI

**Um olhar além rio: ocupações pretéritas entre ilhas
e cachoeiras no Alto Rio Madeira, RO** 113

Michelle Mayumi Tizuka • Juliana Rossato Santi

Renato Kipnis

CAPÍTULO VII

**Geomorfologia e paleoambientes no leste da América
do Sul: implicações arqueológicas** 135

Astolfo Gomes de Mello Araujo

CAPÍTULO VIII

**Patrimônio arqueológico e fenômenos climáticos:
como os fenômenos IOS podem afetar os sítios
arqueológicos no Bioma Cerrado** 181

Julio Cezar Rubin de Rubin • Nicali Bleyer Ferreira dos Santos

Rosiclér Theodoro da Silva • Maria Eloísa Cardoso da Rosa

CAPÍTULO IX

**Arqueologia e Geofísica: pesquisas interdisciplinares
sobre o passado** 207

Marisa Coutinho Afonso

CAPÍTULO X

**Geoarqueología en ambientes volcánicos: impactos
ambientales y evidencias culturales en el Cauca medio
(Centro Occidente de Colombia)** 227

Martha Cecilia Cano • Carlos E. López

Ricardo A. Méndez Fajury

Apresentação

É com extrema satisfação que organizamos mais uma obra voltada à Geoarqueologia. Decorridos cinco anos do lançamento do livro *Geoarqueologia: teoria e prática*, apresentamos à comunidade arqueológica o livro *Geoarqueologia*, contendo 10 capítulos, dos quais sete foram escritos por pesquisadores brasileiros, dois por pesquisadores argentinos e um por pesquisadores colombianos, com abordagens de diversos aspectos geoarqueológicos.

Agradecemos profundamente aos autores por abrirem espaços em suas agendas, sempre abarrotadas de atividades e compromissos, para a elaboração dos respectivos capítulos. A pontualidade e o comprometimento com a obra foi fundamental para que conseguíssemos concluir a árdua tarefa, que é a organização de um livro.

Esperamos que o livro cumpra com o objetivo básico a que se propõe, que é a difusão e o fortalecimento da geoarqueologia, fato que pode ser comprovado pela quantidade de simpósios e oficinas realizados na América do Sul nos últimos anos.

A aproximação de pesquisadores de diferentes países nesta obra é um fator importante, não apenas na difusão e no fortalecimento, mas também na qualificação da Geoarqueologia do continente, por meio das abordagens específicas, que invariavelmente acabam por influenciar, subsidiar e ampliar os horizontes de pesquisadores, alunos de graduação e de pós-graduação.

*Julio Cezar Rubin de Rubin
Rosiclér Theodoro da Silva*

CAPÍTULO I

Geoarqueología y tafonomía en la Cuenca de Potrok Aike

Luis A. Borrero¹
Ramiro Barberena²
Judith Charlin³
Patricia Campan⁴

El lago Potrok Aike se localiza en el Campo Volcanico Pali Aike (figura 1). Este campo está caracterizado por una variedad y abundancia de aparatos volcánicos de variada cronología que incluyen el *maar* en que se ubica el lago (D'ORAZIO et al. 2000; CORBELLA, 1999). Los *maares* son depresiones de origen volcánico generadas por explosiones freatomagmáticas (CORBELLA, 2002). En los casos en los que la depresión es más profunda que el nivel de aguas freáticas, los *maares* contienen lagos o lagunas en su interior, como es el caso de Potrok Aike y otras lagunas del campo volcánico como Timoné, Salada y Azul (SKEWES, 1978; HABERZETTL et al. 2003).

Potrok Aike es un lago aproximadamente circular -con diámetros de 2.4 y 2.7 km- de 3470 m de circunferencia, endorreico, que se localiza a 113 msnm. La historia del lago es relativamente bien conocida (HABERZETTL et al. 2005), indicando que se trata de una de las fuentes más confiables de agua dulce permanente durante los últimos 15000 años (HABERZETTL et al. 2005; HABERZETTL, 2006). Esta característica es muy importante debido a que se trata de

1 Conicet-Imhichu, Universidad de Buenos Aires, Buenos Aires - Argentina. <laborrero2003@yahoo.com>

2 Conicet, Universidad Nacional de Cuyo, Mendoza - Argentina. <ramidus28@gmail.com>

3 Conicet-Imhichu, Universidad de Buenos Aires, Buenos Aires - Argentina. <judith.charlin@gmail.com>

4 Museo Manuel J. Molina, Río Gallegos - Argentina. <pxcampan@gmail.com>

una región muy seca, caracterizada por isohietas de alrededor de 200 mm al año (SOTO; VÁZQUEZ, 2000), con registros aún más bajos en Potrok Aike (HABERZETTL, 2006, p. 20). Por otra parte, la preponderancia de fuertes vientos del oeste inhibe el congelamiento del lago, a diferencia de la mayoría de los cuerpos de agua estacionales (IRURZÚN et al. 2010, p. 32). Esta combinación de factores hizo que la cuenca concentrara actividades de cazadores-recolectores en distintos momentos del Holoceno.

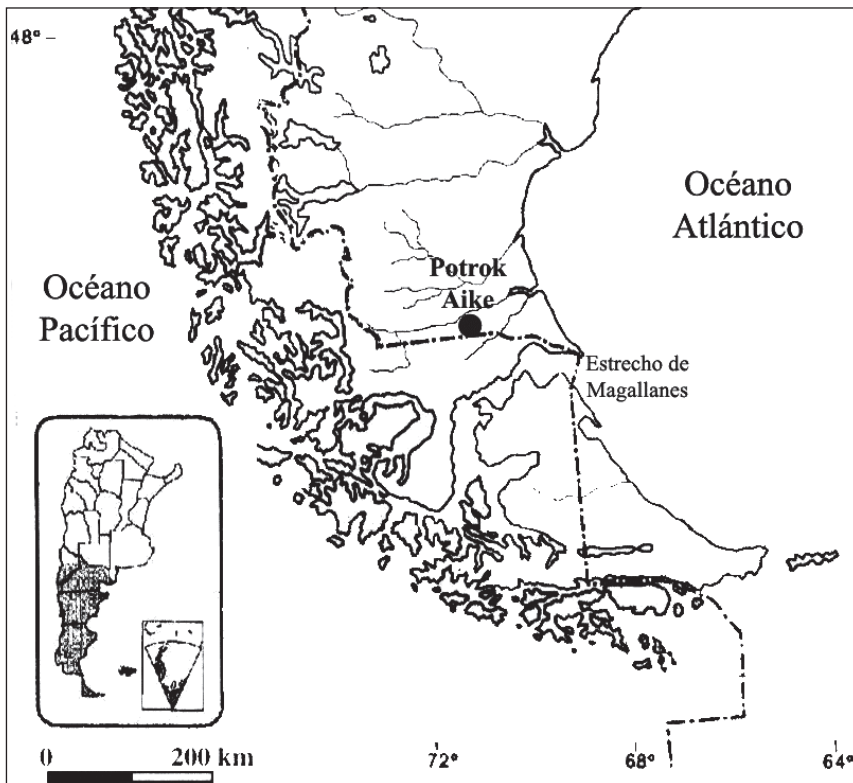


Figura 1. Mapa de localización.

El estudio de proxies magnéticos ha indicado que la cota más baja del lago durante el Holoceno ha sido hacia 7000 cal BP. Asimismo existe evidencia acerca de los patrones de vientos vigentes a través del tiempo (MAYR et al. 2007). A partir de estudios polínicos

cotejados con otros marcadores se conoce que entre 1770 y 1940 AD (cal) las cotas del lago estaban altas, particularmente hacia 50-150 cal AP (HABERZETTL, 2006, p. 38-40; IRURZÚN et al. 2010, p. 32) y se ha asumido una prevalencia de condiciones menos ventosas durante la Pequeña Edad del Hielo (HABERZETTL, 2006, p. 64). Se ha interpretado que los indicadores de perturbación, como *Rumex acetosella* [señal que no parece ser local, p. 71], aparecen antes de fines del siglo XIX debido a la influencia antrópica ejercida sobre el cuerpo de agua por expediciones previas (cf. MARTINIC, 1992), que habrían causado la eutroficación del lago (p. 40). Las cotas entre 1940 y 2002 han sido bajas, excepto a fines de la década de 1980 (HABERZETTL, 2006, p. 41). En el 2002 el nivel se ubicaba a 100 msnm con fluctuaciones interanuales estimadas en un rango de 0-7 metros (HABERZETTL, 2006, p. 20). La cota más alta del lago ha sido 132 msnm, ocasión en la que un río habría posibilitado la descarga hacia el norte (CORONATO et al. 2010, p. 16).

ANTECEDENTES

La arqueología de esta cuenca es conocida a partir de los trabajos de Julieta Gómez Otero (1986-1987; 1987; 1993), sobre cuya base se realizaron nuestros trabajos en la costa del lago y su *catchment*. La información previa fue la provista por las excavaciones de buena parte del sedimento del alero Potrok Aike, en el que se identificaron tres series de niveles culturales, entendidos como un único componente. Una lente carbonosa entre las ocupaciones medias y tardías arrojó una fecha de 740 ± 180 ^{14}C años AP (AC-2588) (GÓMEZ OTERO, 1986-1987; 1987), con un rango de edad calibrado que se ubica entre AD 985-1514 (436-965 años calendáricos AP). En los niveles tardíos se recuperó un trozo de hierro, lo que indica al menos una ocupación en momentos históricos. En el total de la secuencia se recuperaron 1354 artefactos líticos, aproximadamente un 30% de los cuáles son instrumentos. Entre las puntas de proyectil, corrientemente asignadas a los tipos Bird IV y V de amplia distribución regional (BIRD,

1993), se reconocieron tres variedades según la forma y tamaño del limbo y del pedúnculo junto con la forma de las aletas (GÓMEZ OTERO, 1986-1987). Esto ha llevado a Ratto (1994) a destacar la coexistencia de dos sistemas técnicos de armas arrojadizas, por un lado lanzas arrojadas a mano y por el otro flechas arrojadas con arco (ver también GÓMEZ OTERO et al. 2011). Se agrega la existencia de un tercer sistema, materializado por el hallazgo de bolas en superficie (figura 2), incluyendo algunas en proceso de manufactura (obs. pers.). Además se recuperaron seis instrumentos óseos (punzones y espátulas).



Figura 2. Sistemas de armas. Arriba: puntas de proyectil; abajo: bolas.

Los restos de guanaco (*Lama guanicoe*) son dominantes en el conjunto arqueofaunístico, aunque también se registra la presencia de aves y roedores, los últimos posiblemente de origen postdeposi-

tacional. Los huesos de guanaco se presentan con huellas de corte y muy fragmentados.

Gómez Otero destaca que un área protegida del alero fue utilizada reiteradamente, a juzgar por la presencia de 26 fogones, muchos de ellos superpuestos, además de diferentes tipos de descartes y evidencias de manufactura (GÓMEZ OTERO, 1993, p. 334). El análisis de la estructura faunística, utilizando como marco de referencia la anatomía económica del guanaco, es coherente con tareas de procesamiento de guanaco asociado con un lugar de matanza/obtención muy cercano (BORRERO, 1990, p. 389). En el sitio básicamente fueron descartados restos del cráneo y de los segmentos inferiores del esqueleto apendicular, lo que representa la llamada “reverse strategy” (BINFORD, 1978).

Gómez Otero interpreta el uso de este sitio, al igual que lo hace para Juni Aike, como refugio ocasional de partidas depredadoras que enfrentaban tormentas. Los clasifica como Campamentos ocasionales (GÓMEZ OTERO, 1993, p. 342), destacando su impredecibilidad, cambiando su interpretación previa que los consideraba resultado de la planificación (GÓMEZ OTERO, 1986-1987). La cuestión de la impredecibilidad ha sido discutida al indicar que las tormentas formarían parte del riesgo usualmente enfrentado por las poblaciones, por lo que sus soluciones debían estar planificadas (BORRERO, 1994-1995, p. 59-60). La evidencia de los fogones (de acuerdo con su frecuencia, localización y potencia), sumada a la abundancia de desechos de talla (70%) en materias primas inmediatamente disponibles, parecen sugerir un registro de ocupaciones breves pero recurrentes. La existencia de restos óseos de guanacos juveniles y cáscaras de huevo de avestruz en las excavaciones del alero sugieren que el mismo habría sido preferentemente ocupado a fines de la primavera y principios del verano (GÓMEZ OTERO, 1986-87, p. 192). Este panorama, sumado a nuestras observaciones de artefactos grandes en la margen este del lago, entre los cuales se registraron fragmentos de artefactos pasivos de molienda o yunques, sugiere un uso planificado. En cuanto al tipo de ocupaciones, la escasa información arqueológica

de Potrok Aike es concordante con los registros correspondientes al Holoceno tardío, obtenidos en el Campo Volcánico Pali Aike en general (MASSONE, 1981; CAMPAN et al. 2007; CHARLIN, 2009a; BORRERO Y CHARLIN, 2010).

PROYECTO POTROK AIKE

Nuestro trabajo de exploración arqueológica fue guiado por evaluaciones tafonómicas y geoarqueológicas. Las prospecciones se concentraron en los alrededores del lago, sectores que fueron estratificados de acuerdo con sus condiciones sedimentarias. En la costa norte del lago se han producido hallazgos de fósiles de la formación Santa Cruz (Mioceno), que infrayace a toda la secuencia sedimentaria observada en Potrok Aike. Se trata de restos claramente redepositados, que incluyen osteodermos de *Propalaeohoplophorus* sp., *Sternotaurus* sp. y *Peltaphilae* gen. et sp. indet. y fragmentos óseos de *Protypotherium* sp. y *Pachyrukhos* sp. (CORBELLA et al. 2010, p. 11). Esta redepositación diferencial de fósiles probablemente es resultado de la dirección de los vientos de la zona. Dado el patrón holocénico de circulación eólica predominante desde el cuadrante W-SW (MAYR et al. 2007), observamos la existencia de condiciones sedimentarias y tafonómicas contrastantes en las diferentes costas del lago. Estas variantes son relevantes para la evaluación arqueológica de esta localidad. La costa E-NE se caracteriza por la presencia discontinua de dunas de arena, las que usualmente contienen trazas de ocupación humana en superficie, que parecen relacionadas con aprovisionamiento lítico y subsistencia. Por el contrario, las márgenes opuestas tienen un bajo potencial de enterramiento de materiales a cielo abierto.

Para el desarrollo del trabajo se seleccionaron estaciones de muestreo arqueológico y transectas teniendo en cuenta variaciones en la topografía, el sustrato y la distancia al lago. Estas unidades de recuperación también se utilizaron para recolectar información tafonómica, en especial sobre huesos de guanaco, huesos marcados por carnívoros, abrasión, raíces, potencial de enterramiento, entre otros. Además de

orientar la búsqueda arqueológica en Potrok Aike, esta base de datos ha servido para expandir el programa de tafonomía regional de Pali Aike y facilitar la comparación con otras regiones (v.g. BORRERO, 2001). La descripción de las pinturas rupestres descubiertas por T. Haberzettl (com. pers.) y por nosotros dentro del catchment del lago se agregó a la información ya registrada por Gómez Otero (1993) y Manzi et al. (2010) y que fue recientemente discutida en el contexto general de Patagonia meridional (CHARLIN; BORRERO, 2012).

El registro arqueológico de superficie muestra en la costa E-NE la mayor concentración de hallazgos, a la que se unen concentraciones menores al pie del talud de los roqueríos en el sur en el sitio PA1, en superficie sobre el cerro que se ubica detrás de la Estación INTA, en superficie frente al alero con pinturas de Potrero de las Pinturas y en roqueríos cercanos a una laguna seca. La mayoría de estos casos coinciden con sectores erosionados siguiendo un patrón característico del Campo Volcánico Pali Aike. Probablemente por ese motivo en escala regional son muy escasos los hallazgos aislados.

Durante las exploraciones fue ubicado un suelo enterrado, denominado Evento Pedogenético del Holoceno Tardío (Favier Dubois 2003), que ya ha sido registrado en varias localidades de la región (FAVIER DUBOIS, 2001, 2003; BARBERENA, 2008; BARBERENA; BORRERO, 2010). Los estudios previos en la localidad Cabo Vírgenes permitieron sugerir modificaciones a la explicación que afirma que el inicio de la formación del suelo se vincula a eventos húmedos ocurridos durante la Anomalía Climática Medieval entre los Siglos X y XII AD. Los datos paleoclimáticos disponibles indican que entre los Siglos XV y XIX AD se dan las condiciones de humedad más elevadas y prolongadas desde el Holoceno temprano hasta la actualidad, como reflejan los registros de las lagunas Potrok Aike y Azul, en el interior, y Cabo Vírgenes en la costa. Estas edades se ubican en el lapso referible a la Pequeña Edad de Hielo (HABERZETTL et al. 2005; HABERZETTL et al. 2007; ver también LUCKMANN; VILLALBA, 2001). Bajo este esquema, el suelo constituiría un marcador pedogenético reciente asociado a las condiciones de humedad registradas durante los

últimos cuatro siglos (BARBERENA, 2008). Esto tiene connotaciones para los materiales arqueológicos asociados a dicho suelo.

Siguiendo el criterio formacional de las diferencias depositacionales, se observó un depósito estratificado a cielo abierto en la costa nororiental del lago. Se trata de un sector de dunas muy erosionadas, sumamente discontinuas, con numerosos relictos, muchos de los cuales se presentaban erosionados, habiendo perdido la cobertura del suelo que las fijaba. El *locus* elegido fue denominado PA11 y presenta abundante material lítico y escasos restos óseos en superficie. Algunos de los restos óseos portan marcas de raíces denunciando un reciente origen estratificado y en asociación con procesos pedogenéticos. Además de la erosión eólica, se debe contar el pastoreo ovino desde fines del siglo XIX (BLAKE, 2003), para explicar la degradación de estos depósitos en el marco del proceso regional de aridificación (MAZZONI; VAZQUEZ, 2010). Se excavaron sondeos en relictos, uno de los cuales (PA11), a 140 m de la costa del lago (enero 2009), produjo restos arqueológicos líticos y óseos (figura 3). Una muestra ósea de guanaco fue datada en 4879 ± 58 (AA91428) cal AC 3713-3498 (5575-5739 años calendáricos AP). El estudio paleoclimático muestra que hacia 4700 cal AP se registra una cota lacustre más alta y con condiciones de mayor humedad (IRURZÚN et al. 2010, p. 33).

El estudio de las variaciones en la disponibilidad de materias primas líticas constituyó otro objetivo importante de nuestro trabajo, también parte de un esfuerzo mayor que abarca Pali Aike y otras regiones patagónicas (CHARLIN, 2009b). Las primeras evaluaciones indicaron una disponibilidad diferencial de las denominadas Rocas de Grano Fino Oscuro (RGFO, CHARLIN, 2005), materia prima principalmente utilizada para la manufactura de artefactos a nivel regional. En Potrok Aike, estas rocas se presentan en mayor abundancia y en tamaños más grandes de lo que ha sido registrado en otros sectores de Pali Aike, lo cual conduce a considerar a esta laguna como una fuente de aprovisionamiento de gran importancia a escala regional y su cercanía relativa a la fuente primaria de procedencia.

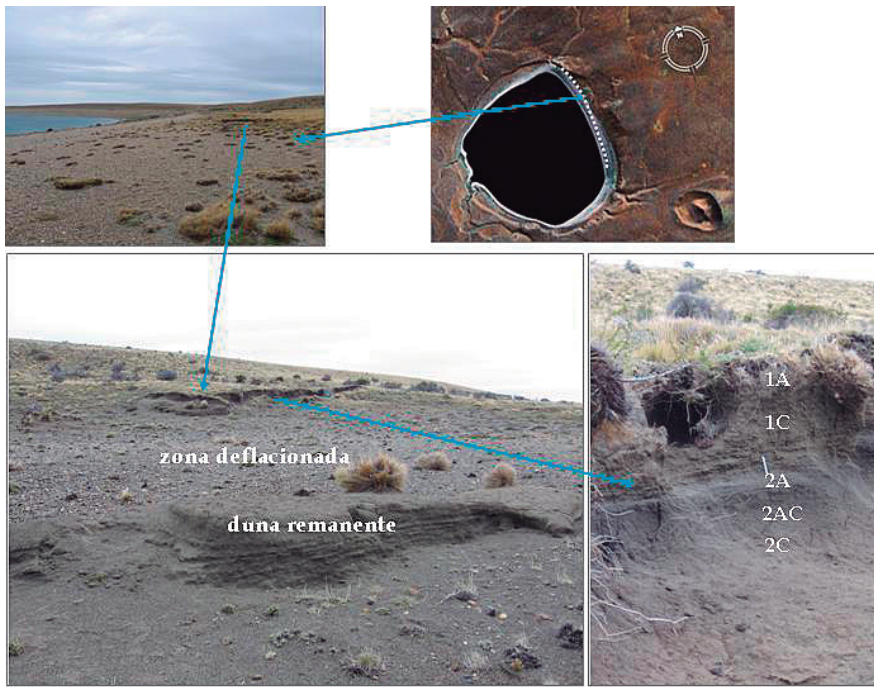


Figura 3. Arriba izquierda: ubicación de los relictos; arriba derecha : localización en el lago; abajo izquierda: detalle de relictos rodeados de sectores deflacionados; abajo derecha: perfil de suelo.

Se observó que se desarrollan diferentes niveles de playas de guijarros en la costa del lago, algunos de las cuales se encuentran bajo el agua actualmente (CORONATO et al. 2010, p. 16). Las estaciones de muestreo para materias primas líticas fueron elegidas en diferentes localizaciones y a distintas distancias del lago, considerando variaciones en la energía lacustre (T1, T2 y T3 en figura 4). La abundancia, tamaño y calidad de las rocas constituyeron las principales propiedades registradas. Estos análisis se combinaron con una evaluación geoarqueológica de la disponibilidad de rocas para la talla en los depósitos fluvio-glaciales locales. Se han descrito depósitos acotados de till que incluyen gravas finas a medias con la incorporación de “Rodados Patagónicos” (CORONATO et al. 2010, p. 15).

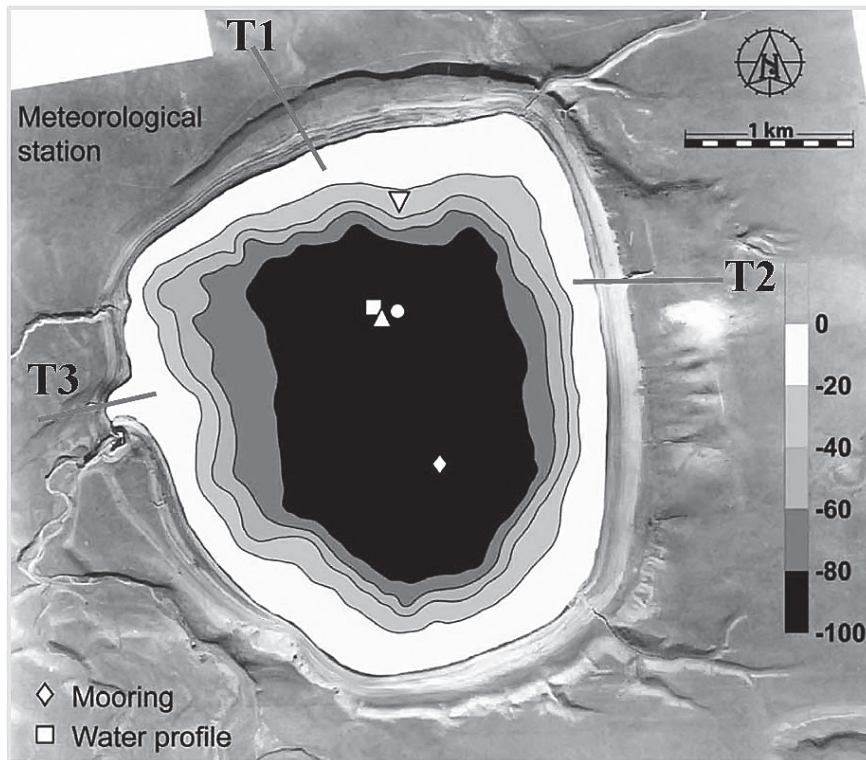


Figura 4. Lago Potrok Aike. T1 a T3 indican las localizaciones de las transectas.

Siguiendo las tendencias sedimentológicas señaladas anteriormente, la frecuencia de rocas disponibles para la talla y su tamaño varían en las diferentes costas de la laguna y por cota de nivel, en relación con terrazas de diferente edad (BARBERENA; CHARLIN, 2009). Así, la margen este es la que presenta las mayores abundancias ($n=146$, de acuerdo con una serie de cinco unidades de muestreo de 0.25 m^2), seguida por la margen norte ($n=135$) y por último, con una diferencia de magnitud notable, la margen oeste ($n=47$). Según las cotas de nivel, las mayores frecuencias de rocas se registran entre los 121-127 m, lo cual parece corresponderse en las diferentes márgenes con la terraza del Holoceno temprano (ZOLITSCHKA et al. 2006). En la margen este la mayor abundancia de gravas se ubica en una cota de menor altura (115-120 m), en la que se observan bermas. Cabe destacar que en la terraza más alta ($>130 \text{ m}$), de matriz limo-

arenosa, las rocas aptas para la talla están ausentes en las tres márgenes relevadas, al igual que en las cotas más bajas (<110 m) asociadas a las playas actuales o subactuales.

Se recogieron muestras de turba depositada sobre depósitos de rodados. Una muestra de la margen norte recogida a 58.5 m de la costa (enero 2009) produjo un fechado de edad Moderna (LP-2168), sugiriendo que la turba se formó aproximadamente durante los últimos 200 años. Esto es concordante con el hallazgo de huesos estratificados de caballo (*Equus caballus*) y de guanaco en sedimentos fluvio-lacustres sobre la cota del lago datados en 65 ± 35 (Poz-3589) y 160 ± 50 ^{14}C años AP (Poz-3590) [Haberzettl *et al.* 2005]. Dado que durante el período 50-150 cal AP las cotas eran bajas, estos resultados parecen referir a las cotas altas de ca. 1770-1940 AD, momentos en que las rocas de esta cota no estarían disponibles para el aprovisionamiento lítico. Señalamos que esto es coincidente con el lapso de la Pequeña Edad de Hielo al cual se asocia el suelo registrado en los depósitos eólicos del sector E-NE de la laguna.

La información aquí sistematizada combina datos geoarqueológicos y tafonómicos que sostienen la existencia de una expresión local de un paleosuelo regional, la disponibilidad diferencial de rocas atractivas para la talla y la identificación de contextos geomorfológicos específicos adecuados para la preservación de materiales en posición estratigráfica a cielo abierto. Esto genera condiciones de preservación diferencial asociados con la dinámica ambiental del lago. Estas últimas propiedades parecen extrendibles a otros ambientes lagunares extra-andinos patagónicos, aún los estacionales (observaciones inéditas). El enfoque multidisciplinario ha permitido, entonces, colocar a Potrok Aike en una perspectiva comparativa regional sugiriendo líneas de interrogación aplicables en otras cuencas.

AGRADECIMIENTOS

Nuestros agradecimientos en particular a Mario Nuñez y al personal del INTA. Estos estudios fueron financiados por el Proyecto Interdisciplinario Patagonia Austral (PIPA), PICT/REDES 2006 N° 02338.

REFERENCIAS

- BARBERENA, R. *Arqueología y biogeografía humana en Patagonia meridional*. Buenos Aires: Sociedad Argentina de Antropología, 2008.
- BARBERENA, R.; BORRERO, L.A. Geoarqueología y distribuciones subsuperficiales de materiales arqueológicos: localidad Cabo Vírgenes. In: BORRERO, L.A.; CHARLIN, J. (Ed.) *Arqueología de Pali Aike y Cabo Vírgenes*. Buenos Aires: Conicet-Imhichu, 2010. p. 103-122.
- BLAKE, J.L. *A Story of Patagonia*. Sussex: The Book Guild Ltd, 2003.
- BINFORD, L.R. *Nunamiut Ethnoarchaeology*. New York: Academic Press, 1978.
- BIRD, J. *Viajes y Arqueología en Chile Austral*. Ed. por J. Hyslop. Punta Arenas: Ediciones de la Universidad de Magallanes, 1993.
- BORRERO, L. A. Fuego-Patagonian Bone Assemblages and the Problem of Communal Guanaco Hunting. In: DAVIS, L.B.; REEVES, B.O.K. (Ed.) *Hunters of the Recent Past*, London: Unwin Hyman, 1990. p. 373-399.
- BORRERO, L.A. Arqueología de la Patagonia. *Palimpsesto, Revista de Arqueología* 4: 9-56, 1994-1995.
- BORRERO, L.A. Regional Taphonomy. Background Noise and the Integrity of the Archaeological Record. In: KUZNAR, L.A. (Ed.) *Ethnoarchaeology of Andean South America. Contributions to Archaeological Method and Theory*, Ann Arbor: International Monographs in Prehistory, 2001. p. 243-254.
- BORRERO, L. A.; CHARLIN, J. Arqueología del campo volcánico Pali Aike, Argentina. In: BORRERO, L.A.; CHARLIN, J. (Ed.) *Arqueología de Pali Aike y Cabo*. Buenos Aires: Conicet-Imhichu, 2010. p. 9-30.
- CAMPAN, P. A.; CARBALLO MARINA F.; MANZI, L.M. Arqueología de Estancia La Carlota (Campo Volcánico Pali Aike, Argentina) In: MORELLO, F.; PRIETO, M.; BAHAMONDES, G. (Ed.). *Arqueología de Fuego-Patagonia. Levantando piedras, desenterrando huesos... y develando arcanos*. Punta Arenas: Ediciones CEQUA, 2007. p. 687-699.
- CHARLIN, J. *Aprovisionamiento de materias primas líticas en el campo volcánico de Pali Aike (Santa Cruz): una primera aproximación a partir del análisis de los núcleos*. *Werken* 7: 2005. p. 39-55.
- CHARLIN, J. A más de 30 años: otra mirada a la tecnología lítica de Las Buitreras 1 (cuenca del río Gallegos, Santa Cruz). *Intersecciones en Antropología*, v. 10, p. 237-248, 2009a.
- CHARLIN, J. Estrategias de aprovisionamiento y utilización de las materias pri-

mas líticas en el campo volcánico Pali Aike (Prov. Santa Cruz, Argentina). *BAR International Series 1901*, Oxford: Archaeopress, 2009b.

CHARLIN, J.; BORRERO, L.A. 2010 (in press). Rock art, inherited landscapes and human populations in southern Patagonia. In: MCDONALD, J.; VETH, P. (Ed.) *A Companion to Rock Art*. London: Blackwell.

CORBELLA, H. Dataciones radimétricas en Pali Aike, Patagonia austral. In: *Congreso Geológico Argentino II, XIV*. p. 265-268. Actas... Salta.

CORBELLA, H. El campo volcánico-tectónico de Pali Aike. Geología y recursos naturales de Santa Cruz. *Congreso Geológico Argentino, XV, Relatório*. Buenos Aires: El Calafate, v. 1, n. 18, p. 285-301. 2002.

CORBELLA, H. et al. Geological Sketch of Laguna Potrok Aike area, Pali Aike Volcanic Field, Southern Patagonia, Argentina. *Proyecto Interdisciplinario Patagonia Austral. Primera reunión internodos-Potrok Aike Maar Lake Sediment Archive Drilling Project. Primer Workshop Argentino. Programa y Resúmenes*. Buenos Aires: Universidad Maimónides, 2010, p. 10-13.

CORONATO, A. et al. Geomorphological Characteristics of the Laguna Pali Aike Area, Santa Cruz, Argentina. *Proyecto Interdisciplinario Patagonia Austral. Primera reunión internodos-Potrok Aike Maar Lake Sediment Archive Drilling Project. Primer Workshop Argentino. Programa y Resúmenes*. Buenos Aires: Universidad Maimónides, 2010, p. 14-17.

D'ORAZIO, M. et al. The Pali Aike Volcanic Field, Patagonia: slab-window magmatism near the tip of South America. *Tectonophysics*, v. 321, p. 407-427, 2000.

FAVIER DUBOIS, C. Late Holocene climatic fluctuations and soil genesis in southern Patagonia: effects on the archaeological record. *Journal of Archaeological Science*, v. 30, n. 12, p. 1657-1664, 2003.

GÓMEZ OTERO, J. Posición estratigráfica de puntas de los Periodos IV y V de Bird en el Alero Potrok-Aike (Santa Cruz). *Primeras Jornadas de Arqueología de la Patagonia*, Trelew: Dirección de Cultura de Chubut, 1987, p. 125-130.

GÓMEZ OTERO, J. Investigaciones arqueológicas en el alero Potrok Aike, provincia de Santa Cruz. *Relaciones*, v. 18, n. 1, p. 173-199, 1986/1987.

GÓMEZ OTERO, J. The Function of Small Rockshelters in the Magallanes IV Phase Settlement System (South Patagonia). *Latin American Antiquity*, v. 4, n. 4, p. 325-345, 1993.

GÓMEZ OTERO, J. et al. Cabezales líticos y armas en la cuenca del Río Gallegos, Patagonia meridional argentina. Trabajo presentado a las Octavas Jornadas de Arqueología de la Patagonia, Malargüe, 2011.

HABERZETTL, T. *Late Quaternary hydrological variability in southeastern Pata-*

gonia: 45,000 years of terrestrial evidence from Laguna Potrok Aike. Tesis (Doctoral) - Universidad de Bremen, Alemania, 2006.

HABERZETTL, T. et al. *Sedimentology and physico-chemical limnology of crater lakes in the Pali Aike Volcanic Field, Southern Patagonia (Argentina)*. INQUA Congress, XVI (Poster). Reno: 2003.

HABERZETTL, T. et al. Climatically induced lake level changes during the last two millennia as reflected in sediments of Laguna Potrok Aike, southern Patagonia (Santa Cruz, Argentina). *Journal of Paleolimnology* v. 33, p. 283-302, 2005.

HABERZETTL, T. et al. Wet-dry cycles in southern Patagonia – Chronology, sedimentology and geochemistry of a lacustrine sediment record from Laguna Potrok Aike (Argentina). *The Holocene* 17, p. 297-310, 2007.

IRURZÚN, M.A. et al. Paleoclimatic Variations during the Holocene through Magnetic Proxies on Sediments from Laguna Potrok Aike (51° 57' S, 70° 24' W), Proyecto Interdisciplinario Patagonia Austral. Primera reunión internodos-Potrok Aike Maar Lake Sediment Archive Drilling Project. Primer Workshop Argentino. Programa y Resúmenes, Buenos Aires: Universidad Maimónides, p. 32-35, 2010.

LUCKMANN, B.H.; VILLALBA, R. Assessing the Synchronicity of Glacier Fluctuations in the Western Cordillera of the Americas During the Last Millennium. In: MARKGRAF, V. (Ed.) *Interhemispheric Climatic Linkages*. San Diego: Academic Press, 2001. p. 119-140.

MANZI, L., CARBALLO MARINA, F.; CAMPAN, P. Manifestaciones rupestres y distribuciones artefactuales en el sector medio e inferior del río Gallegos, Santa Cruz: nuevas evidencias arqueológicas. *Congreso Nacional de Arqueología Argentina, Arqueología Argentina en el Bicentenario de la Revolución de Mayo, XVII*. R. Bárcena y H. Chiavazza, (Ed.), Mendoza, tomo 5, p. 1941-1946, 2010.

MARTINIC, M. *Historia de la región magallánica*. 2 volúmenes. Punta Arenas: Universidad de Magallanes, 1992.

MASSONE, M. Arqueología de la región volcánica de Pali Aike (Patagonia meridional chilena). *Anales del Instituto de la Patagonia*. v. 12, p. 95-124, 1981.

MAYR, C. et al. Holocene variability of the southern Hemisphere Westerlies in Argentinean Patagonia (52°S). *Quaternary Science Reviews*. v. 26, n. 5-6, p. 579-584, 2007.

MAZZONI, E.; M. VAZQUEZ. Desertification in Patagonia. *Developments in Earth Surface Processes*. v. 13, p. 351-377, 2010.

RATTO, N. Funcionalidad versus adscripción cultural: cabezales líticos de la margen norte del estrecho de Magallanes. Arqueología de cazadores-recolectores.

In: LANATA, J.L.; BORRERO, L.A. (Ed.) *Límites, casos y aperturas*, Arqueología Contemporánea 5, Edición Especial, 1994, p. 105-120.

SKEWES, M. Geología, petrología, quimismo y origen de los volcanes del área de Pali-Aike, Magallanes, Chile. *Anales del Instituto de la Patagonia*. v. 9, p. 95-106, 1978.

SOTO, J.; M. VÁZQUEZ. Las condiciones climáticas de la provincia de Santa Cruz. *El Gran Libro de Santa Cruz*. Madrid: Milenio Ediciones, 2000, p. 98-115.

ZOLITSCHKA, B. et al. Crater lakes of the Pali Aike Volcanic Field as key sites for paleoclimatic and paleoecological reconstructions in southern Patagonia, Argentina. *Journal of South American Earth Science*, v. 21, p. 294-309, 2006.

CAPÍTULO II

Diversidade da população microbiana em solos terra preta arqueológica e resíduos terra preta nova, na Amazônia paraense

Maria de Lourdes Pinheiro Ruivo¹

Sávia P. da Silva • Diocléa A. Seabra Silva • Rosigrêde L. da Silva²

Ismael de Jesus Matos Viégas³

A maior parte dos solos agricultáveis na Região Amazônica é de reação ácida, com baixa capacidade de troca catiônica (CTC) e baixa fertilidade. O solo é, portanto, um fator limitante para a produtividade e sustentabilidade de sistemas de produção agrícola. Nesta mesma região, ocorrem pequenas áreas com solos de coloração escura, popularmente denominada Terra Preta de Índio (TPI) ou Terra Preta Arqueológica (TPA) (CUNHA, 2005; KERN, KÄMPF, 1989; COSTA et al. 2004). Essas áreas de terras pretas seriam antigas aldeias indígenas e teriam sido formadas não intencionalmente pelo homem pré-colombiano.

São solos que podem ser distinguidos de outros solos por características particulares, que vêm a ser produtos de antigas atividades antrópicas (CUNHA et al. 2009), caracterizados por apresentar altos teores totais de CaO (1.810 mg.kg^{-1}) e P_2O_5 (4.900 mg.kg^{-1}), elevados teores de matéria orgânica e mais intensa atividade biológica comparados aos solos adjacentes. São solos com pH em torno de 5,2 a 6,4; P disponível, em geral, acima de 250 mg.kg^{-1} ; Zn e Mn acima de 200 e 450 mg.kg^{-1} , respectivamente (FALCÃO; BORGES, 2006).

1 Museu Paraense Emílio Goeldi, Belém - Brasil. <ruivo@museu-goeldi.br>.

2 Doutorandos, Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém - Brasil. <saviapoliana@yahoo.com.br>; <dioclea@ibest.com.br>; <rosig_silva@yahoo.com.br>.

3 Mestrando, Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém - Brasil. <atosviegas@hotmail.com>.

Possuem também à fragmentos de cerâmica e artefatos indígenas incorporados a matriz dos horizontes superficiais do solo, o que originou a terminologia Terra Preta Arqueológica utilizada por alguns autores (KERN; COSTA, 1997). A elevada fertilidade desses solos se deve ao acúmulo de material orgânico (ossos, carapaças, conchas, fezes, urina etc.) depositado na aldeia indígena na pré-história. Costa et al., (2004) afirmam que os processos pedogenéticos agiram intensamente sobre essas áreas, fazendo com que elementos como cálcio, magnésio, fósforo, zinco, manganês e cobre fossem incorporados ao solo.

Uma característica consideravelmente importante da TPA é a sustentabilidade de sua fertilidade, onde os microorganismos do solo desempenham um papel fundamental para a persistência dessa fertilidade. Os solos de TPA podem exibir considerável variedade na distribuição das populações microbianas (THIES; SUZUKI, 2003), a qual é um compartimento da matéria orgânica do solo diretamente influenciado por fatores bióticos e abióticos, sendo, portanto, indicadora sensível das mudanças no solo (MERCANTE et al. 2008) por ser a principal responsável pela transformação da matéria orgânica, pela ciclagem de nutrientes e pelo fluxo de energia no solo (MOREIRA; SIQUEIRA, 2006). Neste sentido, o conhecimento desses seres se torna muito relevante, pois a presença ou ausência de determinados indivíduos refletem a qualidade ambiental do ecossistema (GAMA-RODRIGUES et al. 2005). O monitoramento da comunidade biológica pode servir como critério para detectar alterações mais impactantes, sendo possível observar alterações na qualidade do solo (ARAÚJO; MONTEIRO, 2007). Essa informação pode contribuir para o estabelecimento de uma relação mais confiável entre o uso do solo e a sustentabilidade (ALVES et al. 2011).

Os microorganismos encontrados em solos de Terra Preta Arqueológica, principalmente fungos e bactérias, são capazes de sintetizar as substâncias húmicas de forma diferente dos demais microorganismos encontrados em solos adjacentes (CANNAVAN, 2007), contribuindo para a formação e sustentabilidade destes solos. No

entanto, pouco se sabe sobre as terras pretas, sua diversidade e sua população microbiana. Diante do exposto, já existem tentativas em criar o que já foi criado, a chamada Terra Preta Nova (TPN), no intuito de copiar ou imitar as Terras Pretas de Índio, com a finalidade de contribuir para o uso sustentável dos solos da Amazônia e conservação das florestas primárias. Alguns trabalhos visam entender tanto o processo de formação desses solos como também há tentativas de reproduções dos mesmos. Sendo assim, o objetivo desse trabalho foi realizar um levantamento sobre a biodiversidade da população microbiana em Terras Pretas Arqueológicas e compará-la aos resíduos do experimento de replicagem do solo sob Terra Preta Nova (TPN) na Amazônia paraense.

MATERIAL E MÉTODOS

Caracterização das áreas de estudo e técnicas de amostragem

A área de estudo dos solos Terra Preta Arqueológica está localizada na Reserva Florestal de Caxiuanã, na Estação Científica “Ferreira Penna” (ECFPn), que ocupa uma área física de 33.000 ha dentro dos 330.000 ha da floresta Nacional de Caxiuanã (1° 42’S, 51° 31’ W) (LISBOA, 2002). Esta área está localizada no município de Melgaço, Pará, a 400 km W da cidade de Belém e Nordeste da Amazônia. Os sítios amostrados foram os Manduquinha e Ilha de Terra. Descrição detalhada das características dos sítios arqueológicos encontra-se em Kern (1996).

Os resíduos de Terra Preta Nova foram estudados no Município de Tailândia (meso-região Nordeste do Pará), que está localizado no estado do Pará, na microrregião de Tomé - Açú, no Nordeste Paraense, a cerca de 280 km de Belém, limitando-se com os seguintes municípios: ao norte Acará; ao sul Ipixúna do Pará; a leste Tomé - Açú e a oeste Mojú.

Optou-se por montar o experimento TPN no município de Tailândia, considerado um dos maiores pólos madeireiros do País, onde cerca de 50% da madeira cortada não é aproveitada pelas empresas,

que acabam adotando o processo de incineração ou acumulando-a em locais inadequados. Foram montados experimentos de replicagem de Terra Preta Arqueológica (TPA) em Latossolo amarelo, durante o período seco e chuvoso, utilizando os seguintes materiais: carvão (C), resíduo de pó de serra (RPS), resíduos de lâmina triturada (RLT), resíduos de ossos (RA), sangue e gordura (S). Cada experimento ocupa uma área de 3x3m, com 2m de intervalo entre si. São 68 parcelas em combinações de 1, 2, 3, 4, e 5 tipos de material, utilizando-se o delineamento experimental de blocos ao acaso, com até 4 repetições.

Os tratamentos consistiram em: 1 (C), 2 (RPS), 3 (RLT), 4 (RA), 5 (C+RPS), 6 (C+RLT), 7 (C+RA), 8 (RPS+RLT), 9 (RPS+RA), 10 (RLT+RA), 11 (C+RPS+RLT), 12 (C+RLT+RA), 13 (RPS+RLT+RA), 14 (C+RPS+RLT+RA), 15 (C+RPS+RLT+RA+S), 16 (Testemunha) e 17 (C+RPS+RA).

Em todas as áreas o solo foi amostrado a uma profundidade superficial de 10-20 cm, embalado, preservado a 4°C e enviado ao laboratório para análise imediata. As análises foram feitas nos Laboratório de Microbiologia Ambiental da Universidade do Estado do Pará.

Procedimentos Analíticos

Inoculação e Incubação: Para a quantificação de bactérias e fungos foi utilizada a técnica “Pour Plate”, que consiste na mistura da suspensão diluída com o ágar fundido (aproximadamente 45°C), contido em um frasco, que é então derramado no interior da parte basal de uma placa de Petri estéril. Após solidificação do meio, as placas são incubadas por 48 horas (bactérias) e 5 dias (fungos). A metodologia usada para inoculação foi a de suspensões, onde, em erlenmeyers de 250 mL e colocada 10 g de solo diluídos em 90 mL de água estéril. Em seguida foram realizadas diluições 10^{-3} (fungos) e 10^{-5} (bactérias), com 3 repetições por diluição. Os meios de culturas utilizados foram agar batata (PDA) para fungos, onde foi adicionado o ácido tartárico na proporção 0,5 ml/ 100 ml de meio para evitar o crescimento bacteriano, e agar padrão para bactérias totais.

Quantificação da População de Fungos e Bactérias: Após os períodos de incubação definidos, foram observadas as placas de Petri com as colônias de fungos e bactérias, respectivamente desenvolvidas. A contagem das colônias foi realizada com o auxílio do contador de colônias modelo CP-602, em contraste com o meio opaco de cultura, sendo expressos em 10^{-3} UFC/ g de solo para fungos e 10^{-5} UFC/ g de solo para bactérias.

Classificação de Bactérias e Identificações de Fungos: As bactérias foram classificadas quanto ao tipo, gram-positiva (+) e gram-negativa (-), por meio de microscopia óptica, utilizando-se o método da coloração de Gram, onde uma pequena amostra da colônia sofreu um esfregaço em lâmina com água destilada, flambou-se até a evaporação da água e, em seguida, foi realizado o seguinte processo: cristalvioleta (1 minuto), depois lavar em água corrente lugol (1 minuto), depois lavar em água corrente, descorar rapidamente com álcool e lavar a lâmina; safranina (30 segundos), depois lavar, secar e ler no microscópio óptico.

A identificação dos fungos (gênero) foi feita com a “pescagem” das colônias e em seguida colocada entre a lâmina e a lamínula com o corante (azul de lactofenol) de montagem apropriada, isso para microscopia eletrônica. Para a análise em MEV (Microscopia Eletrônica de Varredura), as amostras foram desidratadas em estufa a 60°C e submetidas ao ponto crítico, montadas no suporte porta-amostras do microscópio (“stub”), considerando a melhor orientação em relação ao feixe de varredura e o coletor de elétrons secundários, onde se usa uma cola condutora de carbono coloidal, depois metalizadas com ouro e levadas para o MEV LEO 1450 VP, para visualização da estrutura dos fungos.

RESULTADOS

Terra Preta Arqueológica

Os resultados iniciais mostram que maiores ocorrências de população microbiana nos sítios da TPA foi no Manduquinha (Tabela 1).

Em geral, as bactérias estão em maior ocorrência e, em termos de actinomicetos, ele só aparece no Manduquinha.

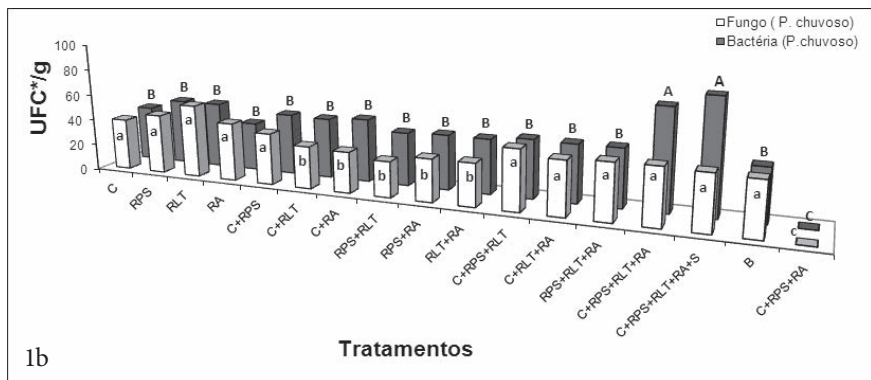
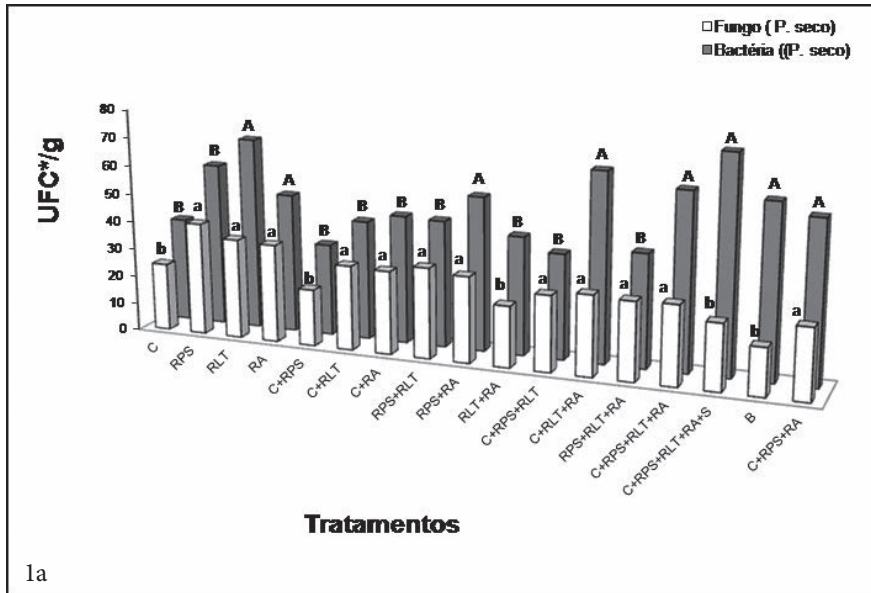
Tabela 1: População microbiana em solos Terra Preta Arqueológica (TPA) em Caxiuana.

TPA	Bactérias	Fungos	Actinomicetos
Manduquinha	54×10^4 a 213×10^4	69×10^4 a 150×10^4	2×10^3
Ilha de Terra	120×10^4 a 258×10^4	197×10^4 a 25×10^5	

Os testes de identificação revelaram que quanto à natureza da população de fungos, esta foi bem homogênea, encontrando-se os mesmos gêneros de fungos em todos os sítios, com algumas peculiaridades. Foram identificados até o momento os seguintes gêneros de fungos: *Mixotrichum*, *Rhizopus*, *Rhizomucor*, *Sporothrix*, *Trichoderma*, *Cladosporium*, *Penicillium*, *Mucor*, *Apergillus* e *Fusarium*. Já a predominância da população bacteriana em solos TPA, de Caxiuana, é de bactérias cocos gram-negativas (81,25%). Porém, estão presentes também as do tipo bacilo gram-positiva, vibrio gram-negativa e também cocos gram-positivas, em menor percentual.

Resíduos Terra Preta Nova

Os resultados obtidos mostram que a população geral bacteriana foi maior do que a fúngica nos dois períodos de coleta (seco e chuvoso) (figura 1a e 1b). O número de unidades formadoras de colônias de fungos foi maior do que para as bactérias (figura 2), apresentando um número médio de colônias de $48,35 \text{ UFC}^*/\text{g}$ de solo, enquanto que para as bactérias esse valor reduziu para $8,17 \text{ UFC}^*/\text{g}$ de solo. A maior ocorrência de colônias de fungos foi no tratamento (C+RLT+RA), ou seja, numa combinação de carvão com resíduo de lâmina triturada e resíduos de ossos.



Figuras 1a e 1b: População bacteriana e fúngica no período seco (figura 1a) e chuvoso (figura 1b) em diferentes combinações de substratos em TPN, no município de Tailândia - PA. *Onde: carvão (C), resíduo de pó de serra (RPS), resíduos de lâmina triturada (RLT), resíduos de ossos (RA), sangue e gordura (S) e o testemunha (B). *Médias seguidas da mesma letra minúsculas e maiúsculas não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ($p < 0,05$) para fungos e bactérias, respectivamente.

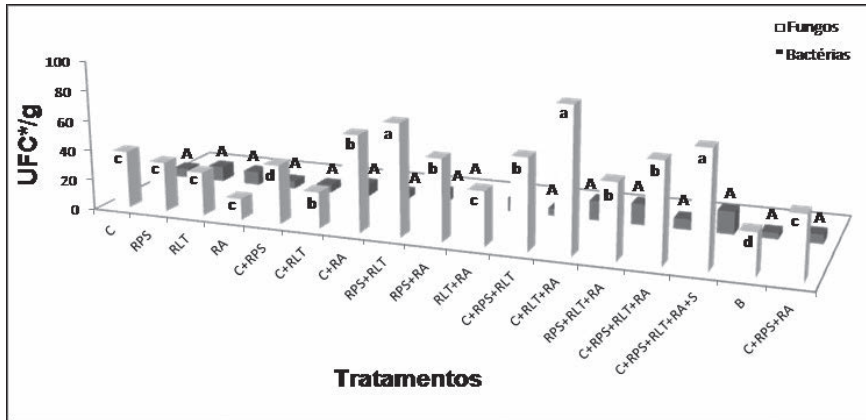


Figura 2: Número de colônias (10^{-3} UFC*/g de solo) para fungos e número de colônias (10^{-5} UFC*/g de solo) para bactéria respectivamente em diferentes combinações de substratos em TPN, no município de Tailândia – PA.*Onde: carvão (C), resíduo de pó de serra (RPS), resíduos de lâmina triturada (RLT), resíduos de ossos (RA), sangue e gordura (S) e o testemunha (B).

Neste tratamento encontra-se maior ocorrência de fungos do gênero *Aspergillus*, *Rhizopus*, *Sclerotium* (tabela 2) com 95 UFC*/g de solo (número de colônias), enquanto que no tratamento (RA), com menor ocorrência de fungos, encontra-se o gênero *Aspergillus* e *Erotium*, cujo número de colônias foram de 14 UFC*/g de solo.

Tabela 2: Classificação da população bacteriana e fúngica da TPN.

Parcelas	Identificação das Bactérias	Identificação dos Fungos
C	Bacillus Gram (-) Coccus Gram (-)	Aspergillus, Fusrium, Mucor, Penicillium, Sclerotium.
RPS	Bacillus Gram (-)	Aspergillus, Penicillium.
RLT	Bacillus Gram (-)	Aspergillus, Penicillium, Trichoderma.
RA	Bacillus Gram (-)	Aspergillus, Erotium.
C+RPS	Bacillus Gram (-)	Aspergillus, Sclerotium, Phyllosticta.
C+RLT	Bacillus Gram (-)	Aspergillus, Erotium, Mucor, Sclerotium, Trichoderma.
C+RA	Bacillus Gram (-) Bacillus Gram (-)	Aspergillus, Geotrium, Penicillium, Sclerotium.

Parcelas	Identificação das Bactérias	Identificação dos Fungos
RPS+RLT	Bacillus Gram (-) Bacillus Gram (+)	Aspergillus, Rhizopus, Sclerotium.
RPS+RA	Bacillus Gram (-) Bacillus Gram (+)	Aspergillus, Penicillium, Phyllosticta, Sclerotium, Trichoderma.
RLT+RA	Bacillus Gram (-)	Aspergillus, Erotium, Mucor, Penicillium, Sclerotium, Trichoderma.
C+RPS+RLT	Bacillus Gram (-) Bacillus Gram (+)	Aspergillus, Penicillium, Plectomycetes, Sclerotium, Trichoderma.
C+RLT+RA	Bacillus Gram (-)	Aspergillus, Rhizopus, Sclerotium.
RPS+RLT+RA	Bacillus Gram (-)	Aspergillus, Penicillium.
C+RPS+RLT+RA	Bacillus Gram (-) Bacillus Gram (+) Coccus Gram (+)	Aspergillus, Erotium, Penicillium, Trichoderma.
C+RPS+RLT+RA+S	Bacillus Gram (-) Bacillus Gram (+)	Aspergillus, Penicillium, Sporothrix Sclerotium, Trichoderma.
B (Branco)	Bacillus Gram (-) Bacillus Gram (+)	Aspergillus, Geotricum, Mucor, Sclerotium
C+RPS+RA	Bacillus Gram (-)	Aspergillus, Erotium, Fusarium, Penicillium, Sporothrix.

Observa-se a maior ocorrência da população de bactérias no tratamento (C+RPS+RLT+RA+S), nos dois períodos. A composição desse tratamento é à base de carvão, resíduo de pó de serra, resíduo de lâmina triturada, resíduo de ossos, sangue e gordura, cuja quantidade de colônia encontrada foi de 15 UFC*/g de solo. O gênero *Bacillus* foi encontrado em todos os tratamentos, sendo 100% *Bacillus Gram (-)* e 41,17% de *Bacillus Gram (+)*. Foi também constatada a presença irrisória de *Coccus Gram (+)* e *Coccus Gram (-)* nos tratamentos (C+RPS+RLT+RA) e (C), respectivamente. O tratamento (B) obteve o menor valor em relação ao número de colônias, com valores de 4 UFC*/g de solo e 28 UFC*/g de solo para bactérias e fungos, respectivamente.

DISCUSSÃO

O número de bactérias normalmente é maior que o de fungos, representando entre 25 à 30% de biomassa microbiana (MOREIRA;

SIQUEIRA, 2006). Tal ocorrência pode ser explicada pelo simples fato de que em solos de Terra Preta de Índio ou Terra Preta Nova, devido à presença da matéria orgânica e da atividade microbiana, o pH atinge valores mais altos, e isso reflete na população bacteriana, já que estas se desenvolvem em uma estreita faixa de pH mais próxima da neutralidade, enquanto que os fungos desenvolvem-se bem em ambiente ácido em uma faixa mais ampla de pH (ALEXANDER, 1980). Diferentemente dos fungos, conforme mostra o trabalho de Barroti e Nahas (2000), a população bacteriana cresceu como resultado da calagem do solo, ou, em outros termos, em decorrência do aumento do pH. É sabido que as bactérias apresentam-se em quantidades maiores em relação aos fungos, no entanto, possuem um tamanho reduzido (DIONÍSIO, 1996).

A análise de variância mostra que o experimento foi bem conduzido, pois os resultados do CV (%) foram baixos, obtendo valores de 9,56 e 12,63% para bactérias e fungos no período seco, e de 7,08% e 11,52% no período chuvoso. Foi constatado que a população bacteriana sofreu menor variação (5,03%) nos períodos seco e chuvoso em relação à população fúngica (30,15%). Entretanto, cabe ressaltar que a população fúngica cresceu consideravelmente ao longo dos períodos de coleta, apresentando uma média de 27,04 no período seco e de 40,00 no período chuvoso, enquanto que a população bacteriana obteve uma média de 51,60 no período seco e 49,00 no período chuvoso, sofrendo pouca variação. Esse fato pode estar relacionado à maior umidade no período chuvoso, inferindo-se que os fungos são mais sensíveis na ausência de água do que as bactérias. Dionísio (1996), estudando solo permanentemente coberto com vegetação, identificou uma acentuada redução na quantidade de fungos em períodos de maior precipitação pluviométrica. O autor justifica que possa ter ocorrido a influência do processo de lixiviação, no qual há uma retirada parcial dos componentes do solo, os quais interferem na atividade fúngica. Em relação ao trabalho estudado, podemos inferir que isso não ocorreu provavelmente em função da topografia do terreno que não favoreceu uma erosão ou perda de material.

Ruivo et al. (2006), comparando a população de fungos e bactérias em alguns Latossolos e Terra Preta Arqueológica na Amazônia, mostram que o teor de umidade do solo influencia diretamente na proporção de bactérias e fungos no solo. Para esses autores, a quantidade de argila pode influenciar nessa proporção.

Considerando a natureza heterotrófica dos fungos, alguns gêneros apresentam maior crescimento nos períodos iniciais de decomposição do resíduo aplicado, havendo posterior declínio. Contudo, outros gêneros como *Aspergillus* e *Penicillium*, de alta capacidade de esporulação, são prontamente estimulados com a introdução de substrato orgânico, determinando um alto número de colônias nas contagens, após longo período da incorporação (ALEXANDER, 1980).

Os resultados da identificação da população de fungos e bactérias nos tratamentos estão expostos na tabela 2. Foi observado que os fungos predominantes foram os do gênero *Aspergillus*, *Penicillium*, *Sclerotium*, *Trichoderma*, com porcentagens de 100%, 64,70%, 6,70%, 41,17%, respectivamente, em menor ocorrência foram também identificados os gêneros *Geotrichum*, *Sporothrix*, *Rhizopus*, *Mucor*, *Eurotium*, *Phyllosticta*, *Plectomyces* e *Fusarium*. Amarante et al. (2010) também encontraram uma maior quantidade destes fungos *Aspergillus*, *Penicillium* e *Sclerotium*, e atribuem que a importância dos mesmos está ligada à quantidade de muitos micélios, os quais são responsáveis pela agregação dos solos, além de exsudarem substâncias orgânicas que são responsáveis pela sanidade e fertilidade do solo.

Os gêneros *Mucor*, *Rhizopus*, *Aspergillus*, *Trichoderma*, *penicillium*, *Fusarium*, *pythium*, *Verticillium* e *Alternaria* são considerados os fungos mais comuns no solo. Relatos de fungos do gênero *Mucor*, *Fusarium* e bactérias dos gêneros *Bacillus* mostram que esses indivíduos apresentam resultados positivos em trabalhos de recuperação de áreas degradadas (MOREIRA; SIQUEIRA, 2006).

As espécies do gênero *Aspergillus* se encontram amplamente distribuídas na natureza podendo ser isoladas de uma grande variedade de substratos e, devido à facilidade de dispersão de seus conídios e a seu pequeno tamanho, elas podem permanecer em suspensão no am-

biente durante um longo período de tempo (ABARCA, 2000), além de serem levadas a grandes distâncias pelo vento (SILVEIRA, 1981), o que justifica este gênero ter sido encontrado em todos os tratamentos estudados.

O *Aspergillus* é caracterizado por possuir conidióforo apresentando vesícula (extremo apical inchado) e estipe (seção cilíndrica situada abaixo da vesícula) sendo um gênero mitospórico, isto é, possui reprodução assexuada, e que se caracteriza pela produção de hifas especializadas, denominadas conidióforos, sobre os quais se encontram as células conidiógenas que originarão os esporos assexuados ou conídios (ABARCA, 2000).

O *Penicillium* difere-se do *Aspergillus* apenas pela ausência da vesícula, apresentando também conidióforo e estipe, no entanto, sua macromorfologia, ou seja, o aspecto de suas colônias, é idêntica à do *Aspergillus*, e só é possível a sua diferenciação com auxílio de microscopia. Já a estrutura morfológica do *Sclerotium* é composta por um emaranhado de micélios que contribuem para a agregação do solo, aumentando sua qualidade. Sua estrutura macromorfológica é caracterizada por colônias de cor branca e textura algodonosa (AMARANTE et al. 2010).

O gênero *Bacillus* foi descrito como bactérias com grande potencial de solubilização de fósforo nos solos (RODRIGUES; FRAGA, 1999). O grande número de representantes desse gênero pode estar diretamente ligado à alta concentração de fósforo nos substratos utilizados para replicagem de terra preta. Com isso, infere-se que o fósforo disponível nesse tipo de solo pode ser em virtude da significativa presença de bactérias do gênero *Bacillus*, ou devido ao fato de que o nutriente realiza ligação orgânica com a matéria orgânica ficando, dessa forma disponível, o que não ocorre com ligações inorgânicas (argilomineriais) onde, no solo, o nutriente fica indisponível (MADARI et al. 2009). O gênero *bacillus*, os quais são conhecidos como bactérias patogênicas ao homem, tem grande influência na nodulação de raízes de plantas, como foi observado no trabalho de Halverson e Handelsman (1991), que obtiveram incremento na nodu-

lação de soja entre 30 e 133% por *Bradyrhizobium japonicum nativo*, quando trataram as sementes somente com *B.cereus*. A espécie mais estudada é o *Bacillus subtilis*. Este gênero produz esporos resistentes ao calor. *Bacillus também* são reconhecidos como agentes de controle biológico e promotores de crescimento de plantas em cultivos protegidos (PAULITZ; BÉLANGER, 2001). Corrêa et al. (2010), verificaram em seu estudo que a adição de *B. subtilis* GB03 duas vezes na solução nutritiva das plantas inoculadas com o patógeno (*Pythium aphanidermatum*) aumentou a massa das plantas em 6%, e quando aplicado duas vezes na solução nutritiva de alface hidropônica não inoculada com o patógeno aumentou o teor de clorofila das plantas.

O maior reservatório de *Bacillus* é o solo, sendo que algumas espécies promovem o crescimento de plantas pela produção de fitohormônios e pela produção de sideróforos (MELO, 1998). Estes últimos são compostos orgânicos com alta afinidade pelo ferro, o que ajuda na disponibilidade desse elemento em solos deficientes, através do seu sequestro, tornando-o disponível para as plantas.

Um destaque para a presença de fungos do gênero *Trichoderma* em 7 tratamentos (tabela 1). O *Trichoderma* é um fungo de solos orgânicos vivendo saprofiticamente ou parasitando outros fungos. Várias espécies de fungos do gênero *Trichoderma* são considerados saprófitas, potentes e eficientes por atuarem como antagonistas de alguns fitopatógenos de importância econômica, e também por promoverem o crescimento de plantas. Conforme Becker e Cook (1988), os mecanismos pelo qual o *Trichoderma* atua são: antibiose, parasitismo, competição e degradação de parede celular fúngica. Lynck (1992) relatou o potencial do *Trichoderma* como agente biológico na agricultura pela habilidade em estimular o crescimento de plantas, visto que esse proporciona aumento de 54 a 100% na produção de alface quando incorporado ao composto utilizado na adubação. Respostas à aplicação de *Trichoderma* spp. foram caracterizadas por aumentos significantes na porcentagem de germinação, no peso seco de plântulas e na área foliar de plantas de pimentão (KLEIFELD; CHET, 1992). Sementes de milho inoculadas com o *Trichoderma harzianum*

resultaram em plantas com maior acúmulo de matéria seca nas raízes, segundo trabalho realizado por Resende et al. (2004). Por serem facilmente propagados e formulados em laboratório, com boa capacidade de armazenamento (MELO, 1998), isolados de *Trichoderma* têm sido utilizados na formulação de produtos para biocontrole, comercializados em diversos países e também no Brasil, como é o caso do Biotrich. Dentre os mais importantes e destrutivos patógenos das culturas em sistemas hidropônicos destacam-se espécies do gênero *Pythium*. Severas epidemias causadas por *P. aphanidermatum* em hidroponia são relatadas quando predominam elevadas temperaturas na zona radicular (SUTTON et al. 2006). Silva (2009) ressalta em seu trabalho piloto, realizado no município de Altamira-Pará, na região Amazônica, com produção de alface em hidroponia, a eficiência de produtos à base de *trichoderma* no controle de *phytium* em solução nutritiva, já que o clima quente da região é favorável ao ataque deste patógeno. Tal ação benéfica tem sido obtida por outros autores em estudos com *Trichoderma* (ARRIAGADA et al. 2009; HOYOS-CARVAJAL et al. 2009; PATEKOSKI; PIRES-ZOTTARELLI 2010; CORRÊA et al. 2010).

A presença de *trichoderma* em alguns tratamentos com material orgânico, principalmente o RLT e a sua ausência na testemunha (Branco), se torna importante para comprovar sua ocorrência em alguns materiais de origem orgânica que podem ser úteis para a realização de trabalhos de inoculação nesses substratos a fim de garantir a sustentabilidade do meio.

Fungos têm muitos micélios, estruturas que são responsáveis pela agregação do solo. Estes organismos exsudam substâncias orgânicas que contribuem para a sanidade e fertilidade do solo. Em geral, os solos TPA apresentam população e diversidade microbiana maior que os demais solos naturais ou alterados. Uma possível explicação para menores ocorrências de população microbiana no sítio Ilha de Terra em relação ao sítio Manduquinha seria o fato do primeiro estar mais exposto à alteração antrópica atual. Em geral, as bactérias estão em maior ocorrência, e em termos de actinomicetos ele só aparece no sítio Manduquinha.

Estudos feitos por Andrade et al. (2003) em Caxiuanã, no sítio Manduquinha e Latossolo adjacente, evidenciam que ocorre, também, maior diversidade e estrutura vegetal sobre TPA. Segundo estes autores, a composição florística apresenta-se também maior no TPA, porém mais sítios precisam ser estudados para comprovar estes resultados.

Os dados acima mostram que a população microbiana, em cada sítio, tem sua distribuição diferenciada, não havendo homogeneidade na distribuição da população microbiana do solo. A natureza da comunidade vegetal regula a fonte de nutrientes para a biomassa e contribui qualitativamente e quantitativamente para o acúmulo de matéria orgânica (WARDLE; HUNGRIA, 1994). Porém, o manejo e as características físico-químicas de cada solo, como, por exemplo, a temperatura e umidade do solo, provocam diferenças marcantes na sua comunidade microbiana (MACIEL, 1991). Em se tratando de Terra Preta, deve-se considerar a população humana que viveu no sítio e que adicionou dejetos ao solo, podendo ter provocado essas diferenças marcantes nestes.

Solos Terra Preta Arqueológica são oriundos de assentamentos indígenas enriquecidos em carbono (C), cálcio (Ca), fósforo (P) e manganês, entre outros elementos. Um fato que chama a atenção é a presença de *Actinomicetos*, bem maior nos TPA que nos demais solos estudados. Isto nos leva a crer que estes organismos tenham afinidade por muitos nutrientes no solo, tornando-o fértil, e o carvão colabora para o condicionamento físico do solo. O carvão seria um dos fatores de estabilização da MO nos solos TPA. É inegável que a interação entre as propriedades do solo é um importante fator para a manutenção da sua qualidade. Adequadas propriedades físicas, químicas e biológicas concorrem para manter a sustentabilidade do solo. Este parece ser o fator primordial na sustentabilidade agrícola dos solos TPA. Uma adequada biodiversidade do solo, além de servir de indicador da qualidade deste (inclusive do grau de alteração), contribui para a sua produtividade.

CONCLUSÃO

1. No experimento TPN a presença de carvão favoreceu a diversidade microbiana em ambos os períodos.
2. Não houve diferenças significativas na diversidade de fungos e bactérias entre os solos TPA e resíduos estudados.

REFERÊNCIAS

ABARCA, M. L. Taxonomía e identificación de espécies implicadas en La aspergilosis nosomical. *Revista Iberoam Micol*, Barcelona, v. 17, p. 579-584, 2000.

ALEXANDER, M.. *Introducción a la Microbiología del suelo*. México: Libros y Editoriales, 491p, 1980.

ALVES, T.S. et al. Biomassa e atividade microbiana de solo sob vegetação nativa e diferentes sistemas de manejos. *Acta Scientiarum, Agronomy*, Maringá, v. 33, n. 2, p. 341-347, 2011.

AMARANTE, C.B. et al. Diversidade microbiana em solos de terra preta arqueológica. *Enciclopédia biosfera*, Centro Científico Conhecer, Goiânia, v 6, p. 1-10, 2010.

ANDRADE, M. et al. Fitossociologia do sitio arqueológico Manduquinha, Caxiuanã, Município de Melgaço-Pará. In: *Resumos expandidos: Estação Científica Ferreira Penna – Dez anos de pesquisa na Amazônia*. Belém, MPEG, 2003.

ARAUJO, A. S. F. E; MONTEIRO, R. T. R. Indicadores biológicos de qualidade do solo. *Bioscience Journal*, v. 23, n. 3, p. 66-75, 2007.

ARRIAGADA, C. et al. Improvement of growth of *Eucalyptus globulus* and soil biological parameters by amendment with sewage sludge and inoculation with arbuscular mycorrhizal and saprobe fungi. *Science of the Total Environment*, v. 407, p. 4799-4806, 2009.

BARROTI G; NAHAS, E. População Microbiana Total E Solubilizadora De Fosfato Em Solo Submetido A Diferentes Sistemas De Cultivo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 35, n.10, p. 2043-2050, 2000.

BECKER, J. O.; COOK, R. J. Role of siderophores in suppression of *Pythium* species and production of increased growth response of wheat by fluorescent pseudomonas. Saint Paul: *Phytopathology*, v. 59, p. 147-1151, 1988.

CANNAVAN, F. S. *Diversidade das comunidades bacterianas em solos de Terra Preta Antropogênica da Amazônia Central e Oriental*. Dissertação (Mestrado)

- Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2007.

CORREA, E. B.; BETTIOL, W.; MORANDI, M. A. B. Controle biológico da podridão de raiz causada por *Pythium aphanidermatum* e promoção de crescimento de alface hidropônica com *Clonostachys rósea*. *Tropical Plant Pathology*, v. 35, p. 248-252, 2010.

CORREA, E. B.; BETTIOL, W.; SUTTON, J. C. Controle biológico da podridão radicular (*Pythium aphanidermatum*) e promoção de crescimento por *Pseudomonas chlororaphis* 63-28 e *Bacillus subtilis* GB03 em alface hidropônica. *Summa Phytopathol*, Botucatu, v. 36, p. 275-281, 2010.

COSTA, M.L et al. The Ceramic Artifacts in Archaeological Black Earth (Terra Preta) From Lower Amazon Region, Brazil: Chemistry And Geochemical Evolution. *Acta Amazonica*. Manaus, v. 34, n. 3, p. 375-386, 2004.

CUNHA, T.J.F. *Ácidos Húmicos de Solos Escuros da Amazônia (Terra Preta do Índio)*. Tese (Doutorado) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, Rio de Janeiro. 2005.

CUNHA, T.J.F. et al. Soil organic matter and fertility of anthropogenic dark earths (Terra Preta de Índio) in the Brazilian amazon basin. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*. Viçosa, v. 33, p. 85-93, 2009.

DIONISIO, J. A. *Atividades microbianas em diferentes sistemas de cultivo de Eucalyptus grandis (W.Hill Ex Maidnan)*. Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1996.

FALCÃO, N. P. S.; BORGES, L. F. Efeito da fertilidade de Terra Preta de Índio da Amazônia central no estado nutricional e na produtividade do mamão Havaí (*Carica papaya* L.). *Acta Amazônica*. Manaus, v. 36, p. 401-406, 2006.

GAMA-RODRIGUES, E. F.; BARROS, N. F., GAMA-RODRIGUES, A. C. Santos, G. A. Nitrogênio, Carbono, e atividade da biomassa microbiana do solo em plantações de eucalipto. *Revista Brasileira de Ciências do solo*, v. 29, p. 893-901, 2005.

HALVERSON, L. J.; HANDELSMAN, J. Enhancement of soybean nodulation by *Bacillus cereus* VW 85 in the field and in a growth chamber. *Applied and Environmental Microbiology*, Baltimore, v. 57, p. 2767-2770, 1991.

HOYOS-CARVAJAL, L.; ORDUZ, S.; BISSET, J. Growth stimulation in bean (*Phaseolus vulgaris* L.) by *Trichoderma*. *Biological Control*, v. 51, p. 409-416, 2009.

KERN, D.C.; KAMPF, N. Antigos assentamentos indígenas na formação de solos com Terra Preta Arqueológica na região de Oriximiná, Pará. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 13, p. 219-225, 1989.

KERN, D.C.; COSTA, M. L. Composição química de solos antropogênicos desen-

volvidos em Latossolos Amarelos, derivados de lateritos. *Geociências*, v. 16, p. 141-15, 1997.

KERN, D.C. *Geoquímica e pedogeoquímica de sítios arqueológicos com Terra Preta na Floresta Nacional de Caxiuanã (Portel-Pará)*. Tese (Doutorado em Geologia e Geoquímica) – Universidade Federal do Pará, Belém, Pará. 1996.

KLEIFELD, O.; Chet, I. Trichoderma: plant interaction and its effects on increased growth response. *Plant Soil*, Dordrecht, v. 144, p. 267-272, 1992.

LYNCK, J. Pesquisa inglesa com agentes biológicos. *Jornal Agroceres*, São Paulo, v. 212, p. 2, 1992.

MACIEL, U. N. *Influência do Sistema de Manejo na Microbiologia do Solo em Área de Cultura de Milho no Nordeste do Pará*. Tese (Mestrado) – FCAP, Belém, Pará, 1991.

MADARI, B. E. et al. Matéria Orgânica dos Solos Antrópicos da Amazônia (Terra Preta de Índio): Suas Características e Papel na Sustentabilidade da Fertilidade do Solo. In: TEIXEIRA, W. G. et al. *As Terras Pretas de Índio da Amazônia: Sua Caracterização e Uso deste Conhecimento na Criação de Novas Áreas*. Manaus: Embrapa Amazônia Ocidental, 2009, p. 172-188.

MELO, I. S. Agentes microbianos de controle de fungos fitopatogênicos. In: MELO, I. S. de; AZEVÊDO, J. L. de. (Ed.) *Controle biológico*. Jaguariúna-SP: Embrapa-CNPMA, 1998.

MERCANTE, F. M. et al. Biomassa microbiana, em um Argissolo Vermelho, em diferentes coberturas vegetais, em área cultivada com mandioca. *Acta Scientiarum. Agronomy*, v. 34, n. 4, p. 479-485, 2008.

MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O. *Microbiologia e bioquímica do solo*. Lavras: UFLA, 2006. 729p.

PAULITZ, T.C.; BÉLANGER, R.R. Biological control in greenhouse systems. *Annual Review of Phytopathology*, Palo Alto, v. 39, p. 103-133, 2001.

PATEKOSKI, K.S.; PIRES-ZOTTARELLI, C.L.A.P. *Patogenicidade de Pythium aphanidermatum a alface cultivada em hidroponia e seu biocontrole com Trichoderma*. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*. Brasília, v. 45, p. 805-810, 2010.

RESENDE, M. de L. et al. Inoculação de sementes de milho utilizando o trichoderma harzianum como promotor de crescimento. *Ciência. Agrotécnica*. Lavras, v. 28, p. 793-798, 2004.

RODRIGUES, H.; FRAGA, R. Phosphate solubilizing bacteria and their role in plant growth promotion. *Biotechnology Advances*, v. 17, p. 319-339, 1999.

RUIVO, M. L. P. et al. Population and biodiversity in amazon dark earths soils.

In: RIOS, G. M.; CAMARGO, S. M. (Ed.) *Pueblos y Paisajes antiguos de la Selva Tropical Amazónica Colombiana*, Universidade Nacional da Colombia, Bogotá – Tara – Xacum / Washington, p. 284-291, 2006.

SILVA, S. P. da. *Produtividade e concentração de nitrato em cultivares de alface conduzidas em sistema hidropônico, nos municípios de Altamira e Belém, no estado do Pará*. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém, 2009.

SILVEIRA, V. D. *Micologia*. Rio de Janeiro: Interamericana, 1981, 332p.

SUTTON, J. C. et al. Etiology and epidemiology of *Pythium* root rot in hydroponic crops: current knowledge and perspectives. *Summa Phytopathologica*. v. 32, p. 307-321, 2006.

THIES, J.; SUZUKLI, K. Amazonian dark earths biological measurements. In: LEHMANN, J. et al. (Ed.) *Amazonian dark earths: origin, properties & management*. Dordrecht: *Kluwer Academic*, p. 1-45, 2003.

WARDLE, D.A.; HUNGRIA, M. A.; *Biomassa Microbiana do Solo e sua Importância nos Ecossistemas Terrestres. Microrganismos em Importância Agrícola*. Embrapa-SP, Brasília-DF, 226p, 1994.

CAPÍTULO III

Arqueostratigrafia: processos naturais e ação antrópica

*Julio Cezar Rubin de Rubin*¹

*Rosiclér Theodoro da Silva*²

*Samara Dyva Ferreira Marcos*³

*Kenitiro Suguio*⁴

Um dos objetivos da escavação de sítios arqueológicos consiste na recuperação e na obtenção de informações sobre grupos humanos que se apropriaram de uma determinada área e que deixaram vestígios materiais e transformações na paisagem. Estes são de difícil identificação em decorrência da superposição de processos naturais e de ações antrópicas concomitantes e/ou posteriores à ocupação. Renfrew e Bahn (1998, p. 94) ressaltam dois objetivos relacionados à escavação de um sítio: identificação das atividades humanas em determinado período de tempo e mudanças destas atividades ao longo do mesmo.

Estudos relacionados com a análise da paisagem (KASHIMOTO, 1998; WATERS, RAVESLOOT, 2001; VAVOURANAKIS, 2006; PELLINI, 2007; SILVA, 2007; RUBIN et al. 2008; SILVA et al. 2008), reconstituições paleoambientais (GRAYBILL, 1989; KASHIMOTO, MARTINS, 2004; FAVIER DUBOIS, 2006; BITENCOURT, 2008) e análises de áreas de captação de recursos (WILLIAMS, 2004) têm sido utilizados com sucesso pela arqueologia para alcançar alguns dos objetivos propostos pelas pesquisas nas caracterizações de sítios arqueológicos e de seus contextos ambientais.

1 Instituto Goiano de Pré-História e Antropologia, Pontifícia Universidade Católica de Goiás, Goiânia – Brasil. <rubin@pucgoias.edu.br>.

2 Instituto Goiano de Pré-História e Antropologia, Pontifícia Universidade Católica de Goiás, Goiânia – Brasil. <silva.rosicler@gmail.com>.

3 MRS Estudos Ambientais Ltda, Brasília – Brasil. <samara.dyva@gmail.com>.

4 Universidade de São Paulo, São Paulo – Brasil.

Autores como Renfrew e Bahn (1998), Burke et al. (2009) e Domingo et al. (2010) estabelecem que as escavações devem ser realizadas geralmente na horizontal, com a retirada de estratos segundo o princípio de superposição de camadas, após a identificação prévia das distintas camadas que constituem o sítio arqueológico, precedido, por exemplo, de poços-teste. Descrições minuciosas de variações na coloração e textura dos solos e dos sedimentos escavados são importantes, pois elas podem trazer informações úteis ao detalhamento da qualidade científica da escavação.

A compreensão mais precisa possível dos processos responsáveis pela formação do registro arqueológico é indispensável não apenas para a elaboração de possíveis hipóteses sobre as questões básicas, como a respeito da cronologia e da intensidade de ocupação, mas também porque, segundo Stein (2001 apud BICHO, 2006, p. 37) “a análise da formação do registro arqueológico foca um conjunto alargado de questões teóricas e metodológicas”. A arqueostratigrafia ocupa parte importante neste contexto, pois pode revelar facetas inusitadas relacionadas aos processos naturais e antrópicos que atuaram na área do sítio arqueológico.

A interpretação da estratigrafia é muito importante para a compreensão dos processos naturais e antrópicos envolvidos na formação do registro arqueológico, embora nem sempre sejam facilmente identificáveis, como tem sido abordado por diversos autores, principalmente nas últimas quatro décadas (HARRIS et al. 1993; BURKE et al. 2009; HESTER et al. 2009). Neste aspecto, o artigo estabelece algumas considerações com exemplos de estruturas naturais e antrópicas identificadas durante pesquisas arqueológicas executadas na região centro-oeste do Brasil.

DISCUSSÃO

Na estratigrafia deve-se, antes de tudo, realizar a identificação dos diversos agentes envolvidos na formação do depósito. Renfrew e Bahn (1998, p. 96) salientam que esta tarefa deve ser iniciada com

a descrição das camadas ou estratos e seguida pelas suas interpretações genéticas. Burke et al. (2009, p. 135) enfatizam que a *experiência dos pesquisadores* (grifo nosso) é um fator importante no discernimento das diferentes camadas e a escavação deve ser interrompida para uma avaliação quando forem constatadas mudanças mais conspícuas.

Hester et al. (2009, p. 236) citam o princípio de superposição das camadas, estabelecida e definida em 1791 por W. Smith (1769-1839), também conhecida como Lei de Steno-Smith, segundo a qual, em condições normais, as camadas inferiores são mais antigas e as camadas superiores são mais recentes. E ainda de acordo com Burke et al. (2009, p. 136), existem mais três princípios fundamentais a serem considerados na escavação de um sítio arqueológico, além do princípio de superposição:

- O princípio de associação, que pressupõe a contemporaneidade de objetos encontrados juntos e nos mesmos depósitos. Esse princípio deve ser aplicado com cautela, porque as pessoas podem manter objetos de idades diferentes por um longo tempo;
- O princípio da inversão, que está relacionado com os casos raros em que os depósitos foram removidos do local e depositados novamente na sequência inversa, tanto por processos naturais quanto antrópicos;
- O princípio da invasão por preenchimento, quando uma fenda ou corte no solo, de origem natural ou antrópica, deveria ser considerado mais recente que o depósito interceptado. Um forno subterrâneo ou um poço para descarte de rejeitos cavados no chão são exemplos de interceptações por corte nos depósitos mais antigos.

Além disso, o pesquisador responsável pela escavação arqueológica também deve estar ciente da possível existência de inversão cronológica por interferência de processos naturais e/ou antrópicos que, muitas vezes, não é considerada em arqueologia por desconhecimento, inexperiência ou dificuldade de identificação. Renfrew e Bahn (1998, p. 96) chamam a atenção para a possibilidade de deslocamen-

tos vertical de vestígios culturais (i.e. cerâmica, lascas e instrumentos líticos) por processos naturais (compactação ou deslizamento) e/ou antrópicos, fato que pode reunir numa mesma camada evidências de diferentes idades. Segundo os autores supracitados “el principio de superposición sólo se refiere a la secuencia de deposición, no a la edad del material de los diferentes estratos”.

Estes princípios estão difundidos na arqueologia e, por exemplo, Favier Dubois (2009, p. 48) estabelece algumas considerações sobre o condicionamento geológico da arqueologia, quando formula duas questões: “Que fatores naturais modelam a distribuição do registro arqueológico? Que relevância possui o contexto geológico?”. Estas questões suscitadas pelo autor também são importantes na arqueostratigrafia bem como as relações entre os processos naturais e antrópicos, além de como identificá-los ou como abordá-los. A distinção entre feições naturais e antrópicas possibilita o reconhecimento das modificações impostas ao ambiente pelas populações que dele se apropriaram, e pode fornecer informações sobre o modo de ocupação da área.

Nos ambientes naturais, as camadas estratigráficas apresentam características gerais relacionadas aos meios transportador e deposicional, bem como às fontes dos materiais. A ação antrópica caracteriza-se fundamentalmente pelas transformações impostas ao meio ambiente pela apropriação do espaço físico. Como os sítios arqueológicos estão sujeitos a processos naturais e antrópicos que podem atuar simultaneamente, a descrição e a análise estratigráfica das escavações requerem um cuidado especial, pois elas são fundamentais para o estabelecimento do contexto de formação e preservação do sítio.

Um sítio arqueológico pode exibir camadas naturais com estruturas sedimentares preservadas, como estratificações plano-paralela, cruzada acanalada, muitas vezes com granodrecresença ascendente, que podem ser identificadas e interpretadas sem grande dificuldade, pois elas chamam a atenção de quem está escavando, quando a origem desta camada pode ser estudada. Algumas camadas naturais não apresentam estruturas sedimentares, em consequência

de processos deposicional ou pós-deposicional, que impõem maiores dificuldades na sua caracterização e interpretação. Neste caso, um especialista em estratigrafia deve ser consultado ou integrado ao grupo de pesquisadores do projeto de arqueologia.

Por outro lado, os níveis ou horizontes de ocupação humana contendo carvão de fogueiras, concentrações de fragmentos de cerâmica, instrumentos líticos e restos alimentares como ossos, podem apresentar outras estruturas resultantes desta ocupação, como buracos de estacas das habitações que, muitas vezes, podem interceptar estruturas naturais pré-existentes como estratificações plano-paralela ou cruzada.

De acordo com Della Fávera (2001, p. 127):

É importante ter em mente que estruturas sedimentares não são realmente diagnósticas de um determinado ambiente, embora algumas delas tendam a ocorrer preferencialmente num dado contexto. Isto se deve ao fato de que as estruturas são produtos de processos. Uma vez que o mesmo processo se repete em vários contextos, às vezes até ambientalmente opostos, como no caso de leques aluviais subaéreos e leques submarinos, gerar-se-á a mesma estrutura sedimentar.

As camadas de sedimentos depositadas por processos naturais e antrópicos de um perfil arqueostratigráfico⁵ são de fácil distinção quando apresentam características próprias. As camadas naturais exibem, por exemplo, somente estruturas sedimentares resultantes de processos hidrodinâmicos. Em algumas ocasiões podem conter vestígios culturais carreados e inseridos no processo deposicional. As camadas antrópicas podem ser acompanhadas por vestígios culturais como fragmentos de cerâmica, artefatos e instrumentos líticos.

Devemos lembrar que a bioturbação e a pedogenização também podem dificultar as observações pela obliteração ou destruição das

5 Perfil estratigráfico que contém vestígios culturais.

estruturas. Suguio (2003, p. 131) apresenta exemplos de estruturas sedimentares que podem ser destruídas por bioturbação. A ação de cupins, de formigas e de raízes, por exemplo, pode originar estruturas com coloração e granulometria diferenciadas por preenchimento dos vazios produzidos, que podem conter vestígios culturais transportados da superfície.

Por supuesto, con frecuencia aparecen distintos factores que complican la estratigrafía, como cuando diversos procesos naturales depositan o eliminan materiales del yacimiento (como sedimentos depositados por la acción del viento, la erosión del yacimiento por la agua o el efecto de las madrigueras que provocan la remoción de los sedimentos) o cuando algún acontecimiento elimina o altera las evidencias de hechos anteriores... (DOMINGO et al. 2010, p. 170).

A ocupação humana de uma área subsequente à deposição de uma lâmina ou camada⁶ de sedimentos com, por exemplo, estratificação cruzada, poderá destruir e/ou comprometer – por meio de pisoteio, construção de habitações e queimadas, além de outras atividades – a identificação dessas estruturas e, conseqüentemente, a compreensão dos significados geológicos e culturais do sítio arqueológico. Essa destruição ou comprometimento poderá ser total ou parcial dependendo da densidade de ocupação humana. Caso o arqueólogo não atente para essa possibilidade e deixe de realizar sondagens fora da área do sítio, pode não identificar a lâmina ou a camada e poderá chegar a uma interpretação imprecisa dos processos naturais geológicos e antropogênicos que atuaram na área, pois, eventualmente, o tipo de estratificação cruzada pode sugerir transportes marinho, fluvial ou eólico.

O tipo e a escala da estratificação cruzada pode, eventualmente, fornecer ao arqueólogo ou geoarqueólogo a base para a interpreta-

⁶ Distinção com base na espessura (ver SUGUIO, 2003, p. 129).

ção genética. De acordo com Suguio (2003, p. 131), existem estratificações cruzadas de pequena escala, com até 5cm de espessura, que são originadas em ambientes de águas rasas e de grande escala, com espessura superior a 5cm, originadas em ambientes de águas mais profundas ou associados a dunas de ambientes eólicos. As características das feições faciológicas identificadas no sítio fornecem as bases para a interpretação genética do ambiente. Deste modo, se o sítio estiver localizado em planície aluvial, a interpretação de origem fluvial parece ser mais plausível. Esta associação poderá tornar-se mais conclusiva quando o perfil apresentar outras estruturas também relacionadas a ambientes fluviais.

A completa destruição da estratificação cruzada poderá resultar em camada de aspecto maciço que, de acordo com Suguio (2003, p. 31), “poderia também resultar de deposição muito rápida, principalmente por dispersões sedimentares altamente concentradas, através de movimentos gravitacionais (ou de massa)”. Desse modo, caso a unidade com estratificação cruzada tenha sido depositada entre os dois níveis com evidências de ocupação humana, a destruição desta estrutura não permitirá reconhecer a fase de deposição de sedimentos por agentes eólicos, marinhos ou fluviais. A abertura de poços-teste fora da área de ocupação, em local selecionado, poderá fornecer informações adicionais sobre a sequência arqueostratigrafia mais completa da área.

Um exemplo de estudo detalhado de estratigrafia foi apresentado por Favier Dubois (2006), no vale do rio Quequén Grande, Província de Buenos Aires, Argentina, onde o autor conseguiu, por meio de vários perfis, com datações radiocarbônicas e análises palinológicas, identificar os processos de pedogênese responsáveis pela formação dos solos da região, e caracterizar o clima e o ambiente na época em que ocorreram as ocupações arqueológicas dessa área, estabelecendo a distribuição temporal dos vestígios culturais.

Conforme mencionado anteriormente, a atividade antrópica também pode gerar estruturas sedimentares que eventualmente se confundem com as naturais. O ato de limpar a aldeia, por exemplo,

remove e deposita sedimentos. Esse processo contínuo, ao longo do tempo pode resultar em uma estratificação de origem antrópica, algumas vezes identificável nos perfis da escavação, entretanto, sem outro indicador de origem antrópica.

Mas, qual a implicação desta questão para a arqueologia? Imaginemos que em uma escavação vertical (perfil) um determinado nível, por exemplo, de 10cm de espessura, apresente uma lente com fragmentos de cerâmica associados a sedimentos com granodrecresença ascendente, resultante de atividades antrópicas, conforme mencionado acima. O exemplo permite interpretá-lo como consequência de um fluxo aquoso, enxurrada transportando sedimentos e vestígios culturais, no qual a energia foi diminuindo rumo ao topo, ou seja, será interpretada como natural, a menos que alguma evidência muito específica permita a correlação com atividades antrópicas.

Outro fator que pode gerar confusão no registro estratigráfico refere-se à abertura antrópica ou natural de canais para drenagem das águas pluviais na área da aldeia que podem promover erosão e deposição de sedimentos, principalmente onde o solo esteja exposto em consequência da retirada da vegetação. Assim como o exemplo anterior, a falta de evidências mais precisas da atividade antrópica leva à interpretação de processo natural. Nas figuras de 1 a 5 são mostradas algumas feições de erosão e de deposição de sedimentos, originadas por fluxo linear concentrado das águas pluviais, que são comuns no Planalto Central Brasileiro.

Na figura 1, observa-se uma área onde, de acordo com informações orais⁷, foram identificados fragmentos de cerâmica arqueológica em superfície e até 40cm de profundidade, que foram em parte destruídos e transportados devido ao uso contínuo do arado, que atingiu até 60cm de profundidade, e por processos erosivos que, ao longo do tempo, foram intensificados em consequência do uso do solo.

7 De acordo com as informações do proprietário do terreno e das observações de campo feitas pela equipe que monitorava as erosões, esta área deveria ser um sítio arqueológico que foi destruído ao longo de 60 anos de atividades agrícolas.

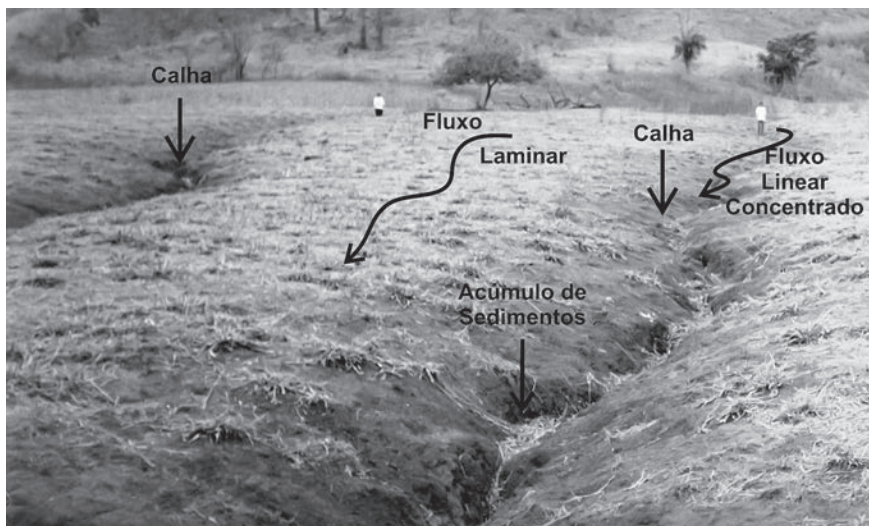


Figura 1: Calhas no terreno preenchidas por areia média, coloração marrom claro (7,5YR6/4) em área de latossolo vermelho (2,5YR4/6). Itauçu/GO. Foto: Julio Rubin.

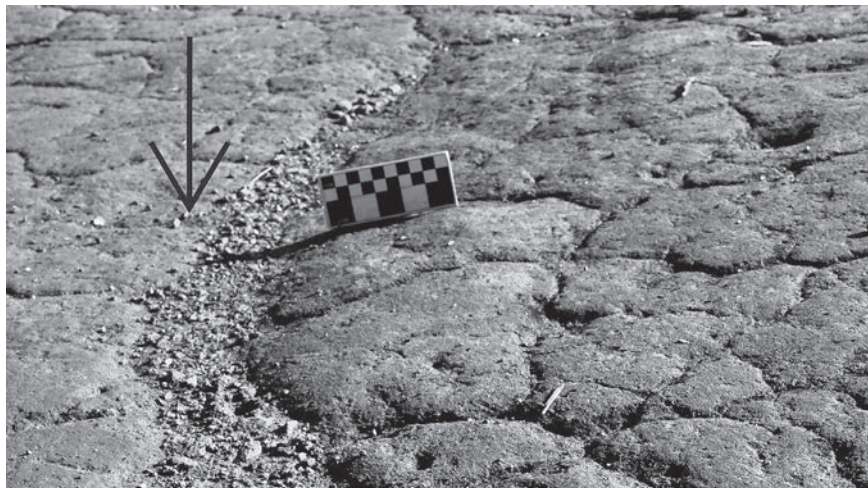


Figura 2: Latossolo vermelho (2,5YR4/6) com sulco (feição erosiva de pequeno porte), preenchidos por areia fina, média, grossa e grânulos com coloração variegada entre vermelho (2,5YR4/6; 10R5/8), marrom amarelado (10YR5/6), cinza rosado (7,5YR6/2) e amarelo avermelhado (7,5YR6/6). Sítio arqueológico Gameleira, Goiânia/GO. A seta indica sentido do fluxo das águas pluviais. Foto: Fernanda Resende.

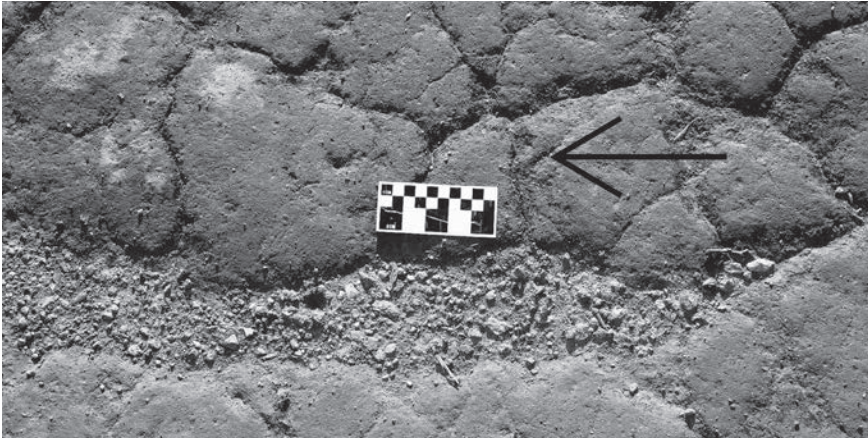


Figura 3: Detalhe da figura 2 evidencia a diferença granulométrica entre o material de preenchimento do sulco (areia fina, média, grossa e grânulos) e o latossolo (argilo-siltosa). Sítio arqueológico Gameleira, Goiânia-GO. A seta indica sentido do fluxo das águas pluviais. Foto: Fernanda Resende.

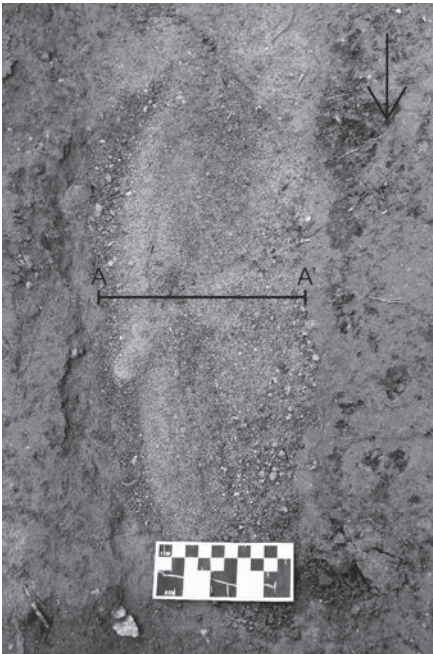


Figura 4: Detalhe dos sedimentos depositados em um sulco elíptico e alongado na direção norte-sul. O preenchimento dessa estrutura origina uma lente de granulometria e coloração diferentes do latossolo regional. Sítio arqueológico Gameleira, Goiânia/GO. A seta indica sentido do fluxo das águas pluviais. Foto: Fernanda Resende.



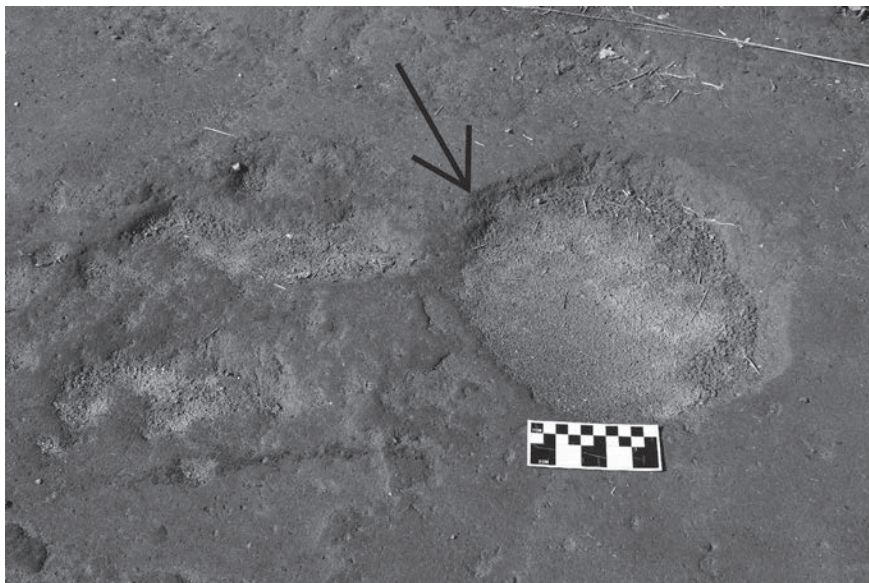


Figura 5: Cavidade tipo “marmita” originada por escoamento superficial das águas pluviais preenchidas por areias média e grossa, que contrasta com a textura argilo-siltosa do latossolo subjacente. Sítio arqueológico Gameleira, Goiânia-GO. A seta indica sentido do fluxo. Foto: Fernanda Resende.

Uma escavação no local permite a identificação de vestígios culturais, fora da situação original, associados com sedimentos transportados, em muitos casos depositados na forma de lentes com granulometria e coloração diferente do solo autóctone. No exemplo da figura 1, o latossolo apresenta coloração vermelha (2,5YR 5/6) e as lentes de sedimentos de coloração marrom claro (7,5YR6/4), de acordo com a tabela de Cailleux (s/d). No caso de transportado, quando apresentar granulometria e/ou coloração diferente do solo regional, a hipótese de associação com processos naturais erosivos e deposicionais pode ser formulada sem grandes problemas. Contrariamente, quando não se observa diferença entre o solo autóctone e o transportado, a homogeneidade da coloração impede completamente ou, no mínimo, dificulta o estabelecimento de considerações sobre o escoamento das águas pluviais ou a erosão e a deposição de sedimentos.

As figuras 4 e 5 mostram sulcos erosivos elípticos denominados comumente de marmitas, sobre latossolo de textura argilo-siltosa e coloração vermelha (2,5 YR4/6) preenchidos por areia média a grossa e alguns grânulos de coloração variegada entre vermelho (2,5YR5/8; 2,5YR4/6), branco (5Y8/1), amarelo claro (5Y7/4) e cinza claro (2,5Y7/0). Na figura 4, excetuando-se os sedimentos depositados junto à borda direita, observa-se uma granocrescência rumo à borda esquerda, enquanto que na figura 5, observa-se areia muito grossa a montante da corrente.

As figuras 6 e 7 mostram perfis hipotéticos de sulcos preenchidos por sedimentos de granulometria variáveis entre areia média, grossa e grânulos, esporadicamente seixos e coloração variegada com padrões já mencionados nas figuras 4 e 5, que contrastam com o latossolo de textura argilo-siltosa e coloração vermelha. Nesses perfis são mostradas feições erosivas que atingem o horizonte A do solo e contém fragmento de cerâmica arqueológica, conforme pesquisas realizadas nos municípios de Piranhas e São Domingos-GO e Novo Gama-DF.

A figura 6 permite aventar duas hipóteses genéticas principais em relação aos sulcos: poderiam ser resultantes do escoamento superficial das águas pluviais concentradas, às vezes torrenciais na forma de enxurradas, posteriormente preenchidos por sedimentos e cerâmica arqueológica carregados de montante ou resultantes da ação antrópica, canais de drenagem das águas pluviais na área da aldeia, posteriormente preenchidos, ou seriam áreas utilizadas para descarte de rejeitos (lixo) da aldeia. A observação limitada às estruturas favorece a formulação de hipóteses como área de descarte de lixo, mas a situação de campo pode refutá-la pela escassez de evidências comprobatórias.

A figura 7 mostra o perfil hipotético com solo transportado depositado sobre o horizonte A do latossolo da figura 6. O solo transportado também apresenta sulcos, que se formaram e foram preenchidos durante o processo deposicional. A figura 7 confirma as hipóteses estabelecidas para a figura 6, porém, quando o solo transportado não for identificado como tal, em consequência da coloração homogênea no perfil, as dúvidas aumentam, principalmente pela ausência de fragmentos de cerâmica nas lentes, sendo esta a si-

tuação encontrada em alguns sítios arqueológicos no município de São Domingos-GO.

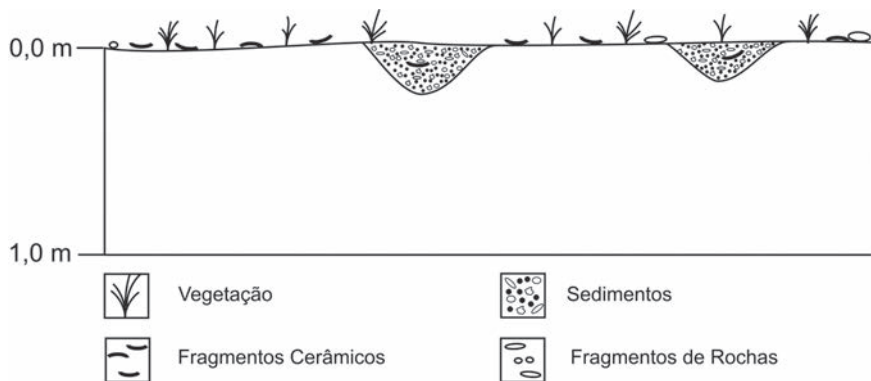


Figura 6: Perfil hipotético com sulcos em área de latossolo, preenchidos por sedimentos de textura e colorações diferentes do solo autóctone, mencionados no texto.

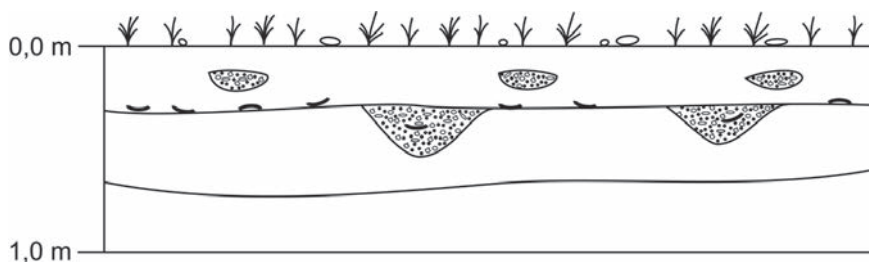


Figura 7: Perfil estratigráfico hipotético mostrando solo transportado que preenche sulcos e acha-se depositado sobre o Horizonte A de latossolo que também apresenta sulcos.

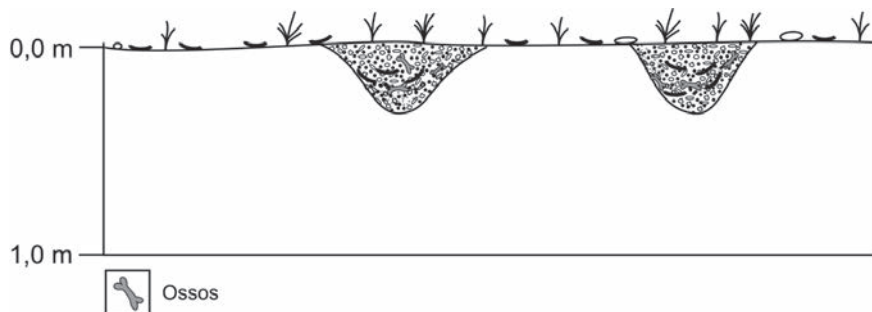


Figura 8: Perfil hipotético de calhas preenchidas por areias fina a média e grossa até grânulos, que contém fragmentos de cerâmica arqueológica e restos de alimentação em latossolo de textura argilo-siltosa.

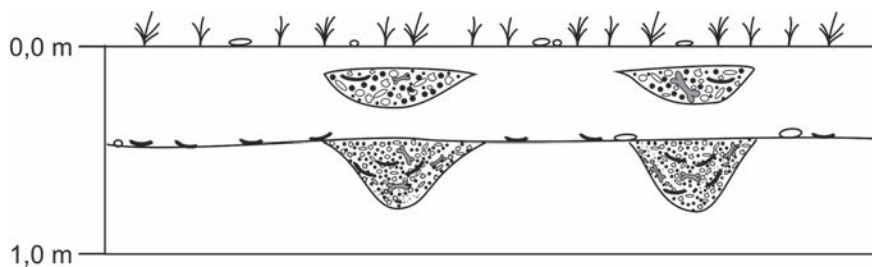


Figura 9: Perfil hipotético de calhas escavadas nos horizontes A e B do latossolo da figura 8, superposto por solo transportado com sulcos preenchidos por areias média a grossa com alguns grânulos.

As figuras 8 e 9 mostram também feições do tipo calhas. De acordo com Oliveira (1994, p. 73), os sulcos medem de 10 a 30cm de largura e de 5 a 15cm de profundidade, enquanto as calhas possuem 1 a 10m de largura e 5 a 30cm de profundidade. Os parâmetros obtidos pelo autor para a área do reservatório da Usina Hidroelétrica de Caçapava (SP-PR) foram utilizados como referência por Almeida Filho (2004), que caracteriza calhas com largura inferior a 10m e profundidade inferior a 50cm. Rubin et al. (2005), monitorando processos erosivos no município de Itauçu-GO, obtiveram valores semelhantes aos apresentados por Almeida Filho (2004). A figura 9 evidencia solo transportado sobre os Horizontes A e B do latossolo de coloração vermelho, (2,5YR4/6) e textura argilo-siltosa da figura 8.

Nas figuras 8 e 9 tem-se os esquemas das feições identificadas nas paredes de trincheiras ou de quadrículas da escavação de um sítio arqueológico, em seções transversais às direções das estruturas, que permitem estabelecer hipóteses semelhantes às formuladas nos exemplos das figuras 6 e 7. A diferença é que no caso em apreço há presença de restos de alimentação (ossos de aves e roedores) em quantidade, que reforça a hipótese de ser área de descarte de rejeitos. A hipótese de que resultem de estacas relacionadas a áreas ocupadas por cabanas também pode ser aventada, sendo os vestígios culturais e os ossos interpretados como consequência da migração horizontal. As figuras 8 e 9 representam perfis hipotéticos de situações observadas em sítios arqueológicos nos municípios de Novo Gama-DF e Luziânia-GO.

As figuras 10 e 11 correspondem aos perfis longitudinais das estruturas descritas nas figuras 8 e 9. Na figura 10, a lente de areias fina a média e grossa com grânulos, que teria preenchido a calha escavada por escoamento superficial das águas pluviais, ocorre no Horizonte A do latossolo.

Por outro lado na figura 11, perfil longitudinal da figura 9, ocorre duas lentes sobrepostas. O fato significativo neste caso é que a lente inferior contém grande quantidade de restos de alimentos (i.e. ossos de aves, peixes, roedores) associados com fragmentos de cerâmica,

núcleos, lascas e carvão de fogueiras, reforçando a hipótese de que a área tenha sido local de descarte. Evidentemente esta hipótese será comprovada ou não após a escavação do sítio arqueológico.

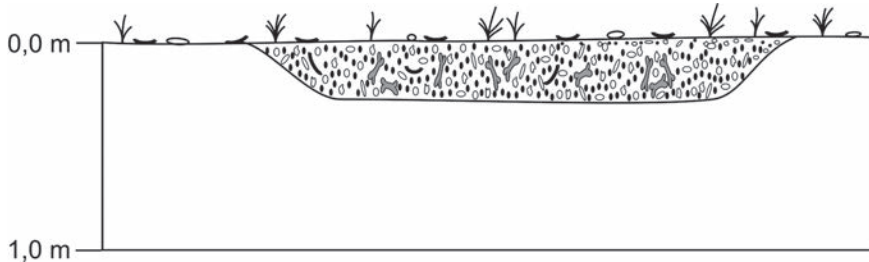


Figura 10: Perfil hipotético da estrutura da figura 8 em corte longitudinal, que mostra uma calha preenchida por areias fina a média e grossa com grânulos e fragmentos de cerâmica arqueológica em latossolo de textura argilo-siltosa.

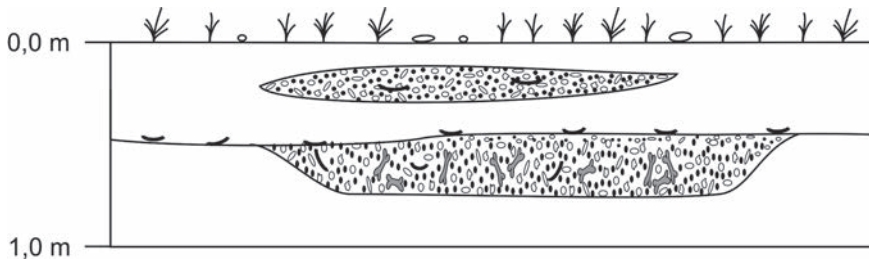


Figura 11: Perfil hipotético da estrutura da figura 9 em corte longitudinal, que mostra a superposição de duas lentes.

As figuras de 6 a 11 evidenciam a necessidade da observação tridimensional (transversais e longitudinais) de determinadas feições inumadas que fornecerão dados mais precisos para interpretações mais próximas da realidade.

A figura 12 mostra dois horizontes de ocupação humana (1 e 2) que contêm fragmentos de cerâmica e restos de carvão de fogueiras. A textura destes horizontes é silte fino de cores marrom (7,5YR5/2) e marrom avermelhada (5YR5/3), respectivamente. Entre eles ocorrem

lentes descontínuas de sedimentos com granulometria de areia média a grossa, de cores variegadas entre vermelho (2,5YR4/6), marrom amarelada (10YR5/6), cinza rosada (7,5YR6/2) e amarelo avermelhada (7,5YR6/6), com incipiente estratificação. A maior dificuldade na interpretação do perfil está relacionada à interpretação genética das lentes de sedimentos localizadas no topo do horizonte 2, que pode ser resultante da ação antrópica, pois contém sedimentos e vestígios culturais como fragmentos de vasilhames de cerâmica, mas também pode ser de origem natural, resultante da erosão e deposição associadas ao fluxo superficial das águas pluviais, contemporâneas ou posteriores à ocupação humana.

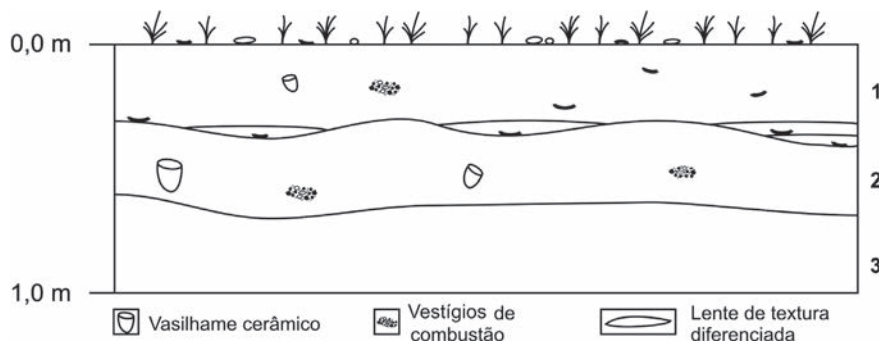


Figura 12: Perfil arqueostratigráfico hipotético de uma trincheira em sítio com dois horizontes de ocupação. Entre eles ocorrem lentes de granulometria e coloração distintas dos horizontes 1 e 2.

Objetos como vasilhames cerâmicos, lascas, núcleos e troncos de madeira etc, dispostos no pátio de uma aldeia, por exemplo, podem constituir obstáculos ao fluxo da água de escoamento superficial de enxurradas, que podem originar zonas de erosão ou deposição. Su-guio (2003, p. 127) descreve as origens de algumas marcas de objetos resultantes de zonas de intensa escavação ou deposição conforme a figura 13, que assumiriam padrões variáveis de acordo com a forma e o tamanho dos objetos, além do modo de transporte e a natureza do substrato. Essas estruturas são importantes na geologia e na arqueo-

logia, pois permitem a identificação da direção e até mesmo sentido das paleocorrentes que as geraram.

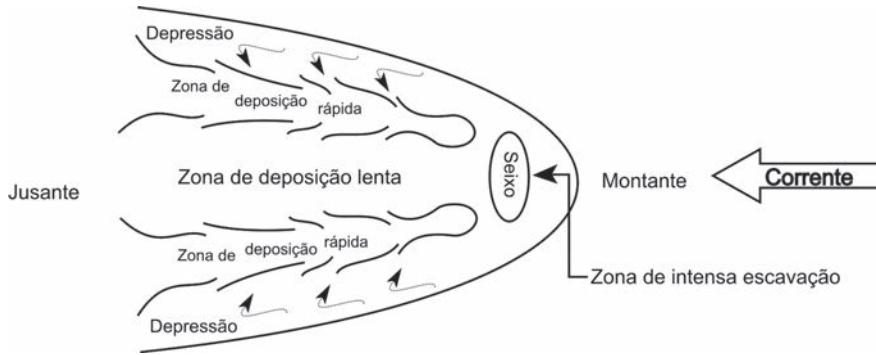


Figura 13: Zonas de erosão e deposição originam irregularidades na superfície do substrato, relacionadas com o fluxo de águas superficiais correntes, como enxurradas (modificado de SUGUIO, 2003, p. 127).



Figura 14: Detalhe de zona deposicional de coloração mais clara, marrom avermelhado claro (5YR6/3) em torno do seixo de forma oblata. O latossolo autóctone é de coloração vermelho amarelado (5YR5/6). A seta indica sentido do fluxo das águas pluviais. Sítio arqueológico Gameleira, Goiânia-GO. Foto: Fernanda Resende.

Os objetos como seixos ou matacões até então soterrados, podem ser transportados naturalmente pelas águas de escoamento superficial e eventualmente pelo vento, como também pelo homem até o pátio da aldeia.

As figuras 14 e 15 mostram grânulos e seixos dispostos em latossolo e zonas de deposição, com granulometria predominantemente areia fina, contrastando com argilo-siltosa do solo autóctone.

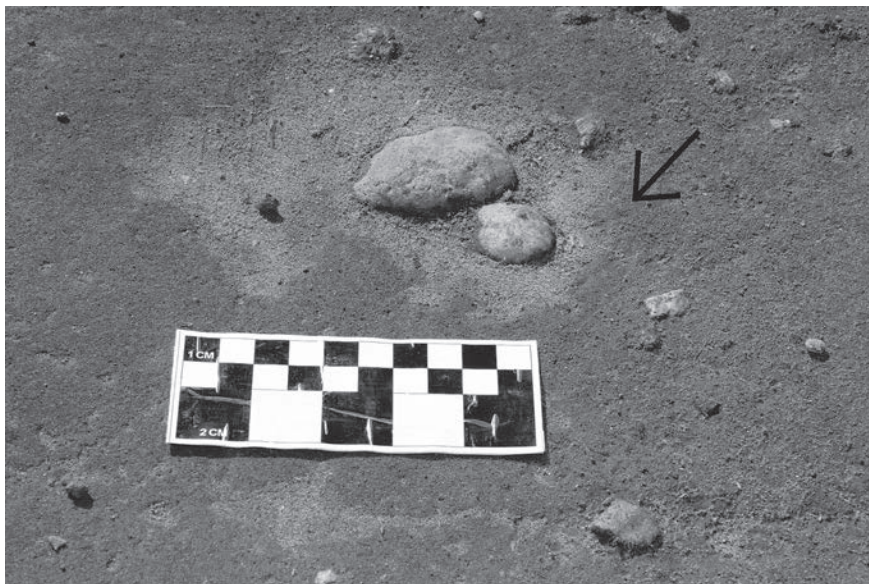


Figura 15: Zona deposicional em torno de grânulos e seixos. As cores são semelhantes ao exemplo apresentado na figura 14. Sítio arqueológico Angico, Goiânia-GO. A seta indica sentido do fluxo das águas pluviais. Foto: Fernanda Resende.

Aparentemente, as feições resultantes da modificação do padrão de circulação da água em torno dos objetos demonstram não ter relação com pesquisas arqueológicas. Entretanto, as depressões a montante e nas partes laterais dos objetos podem converter-se em locais de deposição de sedimentos de textura e coloração diferentes do solo autóctone e acumulação de vestígios culturais como fragmentos de vasilhames de cerâmica e de artefatos líticos.

Nesse caso, uma zona deposicional contendo vestígios culturais como cerâmica arqueológica e/ou lascas e/ou instrumentos líticos, inserida em um perfil arqueostratigráfico da parede de uma trincheira, por exemplo, poderá ser interpretada como área de atividades específicas ou de descarte, “lixreira”, em função da diferença na coloração e na textura em relação ao solo autóctone e dos vestígios culturais. Sem esse, poderá ser associada a buracos de estacas de habitações ou outras bioturbações.

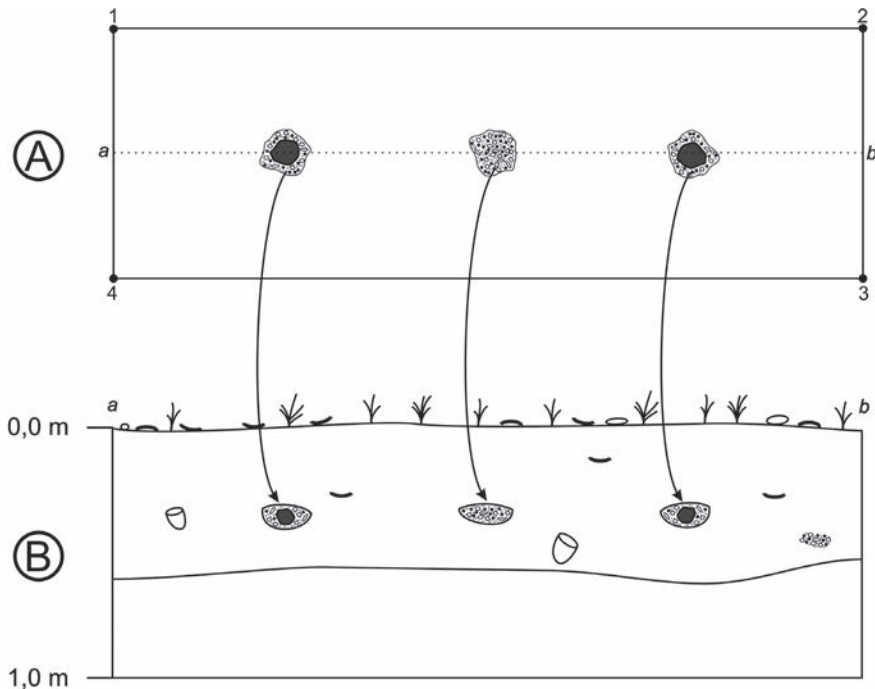


Figura 16. (A) Escavações em planta e (B) perfil das feições de escavação resultantes do escoamento das águas pluviais em torno de grânulos com implicações na estratigrafia do sítio arqueológico, uma vez que originam zonas deposicionais.

Na figura 16A é representada uma escavação em planta evidenciando três estruturas resultantes do fluxo da água superficial em torno de três obstáculos: duas com seixos circundados por sedimentos de coloração e textura diferente do solo autóctone e uma (posicio-

nada no centro) somente com sedimentos. A figura 16B representa o perfil elaborado segundo a direção a-b, ressaltando as estruturas identificadas na figura 16A. Onde os grânulos/seixos estão presentes, as estruturas são facilmente identificáveis e sua origem relacionada com a presença destes. Por outro lado, a retirada dos grânulos/seixos das três estruturas, permanecendo apenas os sedimentos, permite a formulação de hipóteses antrópicas, principalmente pelo fato que as três estão alinhadas e equidistantes.

CONCLUSÃO

A formação e a preservação dos sítios arqueológicos estão relacionadas a processos naturais e ação antrópica que se superpõem e causam dificuldades às pesquisas arqueológicas, conforme discutido por Rubin et al. (2009).

As atividades antrópicas através, por exemplo, de aberturas de valas, de construção de habitações e de desenvolvimento de cultivos, podem propiciar o escoamento das águas pluviais sob a forma de enxurradas. Além disso, a ação eólica, a presença de árvores e de outros objetos podem originar feições erosivas e/ou deposicionais em sítios arqueológicos. A contínua atuação dos agentes naturais e antrópicos podem destruir e até comprometer uma melhor compreensão das condições de ocupação humana pretérita da região estudada.

Algumas providências que podem ser adotadas com vistas à obtenção de variáveis ambientais relacionadas com o sítio, são as seguintes:

1. Melhor capacitação da equipe na compreensão dos processos erosivos e deposicionais baseados em princípios da geologia sedimentar, para o estudo da área.
2. Perfeita distinção na paisagem atual das feições ligadas a processos naturais e antrópicos para melhor caracterização do sítio arqueológico. As evidências deixadas na paisagem atual constituem o ponto de partida para a busca da paisagem pretérita que corresponda ao período de ocupação humana. Nessa abordagem,

- a arqueostratigrafia deve ser acompanhada de datações absolutas, que são baseadas em princípios físicos.
3. Caracterizações pedológica e arqueostratigráfica criteriosas dos perfis de eventuais sondagens e trincheiras do sítio e das áreas adjacentes são importantes, pois as transformações naturais e antrópicas da paisagem devem deixar gravadas os seus registros representativos (*proxy records*).
 4. O clima é um agente muito importante na modelagem das paisagens e, por exemplo, em regiões tropicais os processos de intemperismo químico são os predominantes, enquanto que em regiões desérticas e polares prevalecem os de intemperismo físico.

O diagnóstico mais adequado da área conduz ao estabelecimento da melhor interpretação do sítio, que exige uma série de procedimentos básicos nas etapas de campo, de laboratório e de gabinete.

O reconhecimento prévio à área de escavação deve envolver todos os componentes da equipe, inclusive os auxiliares de campo, quando devem ser feitas observações como textura e cor dos solos, presença de feições erosivas e obstáculos ao escoamento superficial. Desta maneira, antes dos trabalhos de escavação sistemática, uma prospecção preliminar pode ser acompanhada de poços-teste, trincheiras e sondagens mecânicas, com descrições dos materiais obtidos por esses meios.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA FILHO, G. S. *Noções básicas para controle e prevenção de erosão em áreas urbanas e rural*. IPT, 2004.

BICHO, N. F. *Manual de arqueologia pré-histórica*. Lisboa: Ed. 70, 2006.

BITENCOURT, A. L. V. Princípios, métodos e algumas aplicações da geoarqueologia. In: RUBIN, J. C. R; SILVA, R.T. da. (Org.) *Geoarqueologia: teoria e prática*. Goiânia: Ed. da PUC Goiás, 2008, p. 41-70.

BURKE, H.; SMITH, C.; ZIMMERMAN, L. J. *The archaeologist's field handbook: north american edition*. New York: Altamira Press, 2009.

CAILLEUX, A. *Notice sur le code des couleurs des sols*. Boubée, Sd.

DELLA FÁVERA, J. C. *Fundamentos de estratigrafia moderna*. Rio de Janeiro: EDUERJ, 2001.

DOMINGO I.; BURKE, H.; SMITH, C. *Manual de campo del arqueólogo*. Barcelona: Ariel, 2010.

FAVIER DUBOIS, C. M. Geoarqueología: explorando propiedades espaciales y temporales del registro arqueológico. In: BARBARENA, R.; BORRAZZO, K.; BORRERO, L.A. (Ed.) *Perspectivas actuales em la arqueología argentina*. Buenos Aires: Conicet-Imhichu, 2009, p. 35-54.

FAVIER DUBOIS, C. M. Dinámica fluvial, paleoambientes y ocupaciones humanas en la localidad arqueológica Paso Otero, río Quequém Grande, Provincia de Buenos Aires. *Intersecciones em Antropología*, Buenos Aires, v. 7, p. 109-127, 2006.

GRAYBILL, D. A. The reconstruction of prehistoric Salt River streamflow. The 1982-1984 excavation at Las Colinas: environment and subsistence. In: GARYBILL, D.A. et al. (Ed.) *Archeological Series*, Tucson: Tucson, Arizona State University, n. 162, v. 5, 1989, p. 25-38.

HARRIS, E. C., BROWN, M. R.; BROWN, G. J. *Practices of archaeological stratigraphy*. London: Academic Press, 1993.

HESTER, T. R.; SHAFER, H. J.; FEDER, K. L. *Field methods in archaeology*. Walnut Creek: Left Coast Press, 2009.

KASHIMOTO, E.; MARTINS, G. R. Archaeology of the holocene in the upper Paraná River, Mato Grosso do Sul State, Brazil. *Quaternary International*, v. 114, p. 6-86, 2004.

KASHIMOTO, E. *Variáveis ambientais e arqueologia do alto Paraná*. Tese (Doutorado) - Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, 1998.

OLIVEIRA, A. M. S. *Depósitos tecnogênicos e assoreamento de reservatórios: exemplo do reservatório de Caçapava, Rio Paranapanema, SP/PR*. Tese (Doutorado) - Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, 1994.

PELLINI, J. R. Uma fisiologia da paisagem: locomoção, GIS e sites catchment. Uma nova perspectiva. *Revista do Museu de Arqueologia e Etnologia*, v. 17, p. 23-37, 2007.

RENFREW, C; BAHN, P. *Arqueología: teorías, métodos y práctica*. Madrid: Akal, 1998.

RUBIN, J. C. R.; SILVA, M. A.; SILVA, R. T. O raciocínio lógico e a lógica do ra-

ciocínio na pesquisa arqueológica. *Revista do Museu de Arqueologia e Etnologia*, v. 19, p. 13-17, 2009.

RUBIN, J. C. R.; SILVA, R. T.; CASTRO, E. C. A ação antrópica e a dinâmica das vertentes: implicações na propeção e escavação de sítios arqueológicos pré-históricos: estudos de casos. In: RUBIN, J. C. R.; SILVA, R. T. (Org.) *Geoarqueologia: teoria e prática*, Goiânia, Editora da PUC Goiás, 2008. p. 153-171.

RUBIN, J. C. R. et al.; Condicionantes naturais e antrópicos dos processos erosivos no alto rio Meia Ponte (Goiás), Brasil. *Estudos*, v. 32, p. 41-56, 2005.

SILVA, R. T. et al. Aspectos pedológicos aplicados á pesquisa arqueológica: considerações teóricas. In: RUBIN, J. C. R.; SILVA, R. T. (Org.) *Geoarqueologia: teoria e prática*. Goiânia, Editora da PUC Goiás, 2008, p. 23-40.

SILVA, R. T. *Zoneamento geoarqueológico aplicado á gestão de recursos culturais*. Tese (Doutorado) - Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, 2007.

SUGUIO, K. *Geologia Sedimentar*. Rio de Janeiro: Edgard Blucher, 2003.

VAVOURANAKIS, G. Burials and the landscapes of Gournia, Crete, in the Bronze Age. In: *Space and spatial analysis in Archaeology*, Edited by Robertson. Calgary: University of Calgary Press, 2006.

WATERS, M. R.; RAVESLOOT, J. C. Landscape change and the cultural evolution of the Hohokam along the middle Gila river and other river valley in south-central Arizona. *American Antiquity*, v. 66, n. 2, p. 285-299, 2001.

WILLIAMS, M. L. *Interpreting Prehistoric Patterns: Site-Catchment Analysis in the Upper Trinity River basin of North Central Texas*. Dissertação (Mestrado) - University of North Texas, Texas, 2004.

CAPÍTULO IV

Geoarqueología en la costa atlántica norpatagónica: contexto geomorfológico, cronológico y ambiental del registro litoral

Cristian M. Favier Dubois¹

La costa es un ambiente muy dinámico, que ha cambiado mucho a lo largo del tiempo. Los cambios relativos en el nivel del mar, así como procesos independientes que producen acreción o erosión costera han sido factores que han modelado drásticamente las características del paisaje litoral con el que han interactuado las poblaciones americanas desde el Pleistoceno tardío. En este sentido ubicar los sitios arqueológicos en los escenarios costeros del pasado se convierte en una tarea indispensable en la que la geoarqueología cumple un papel relevante. Esta disciplina definida por Butzer (1982) como “investigación arqueológica utilizando métodos y conceptos de las ciencias de la Tierra” permite el uso de distintas técnicas geocientíficas ajustadas a las escalas arqueológicas a fin de ubicar el registro de ocupaciones humanas en un contexto/paisaje que se va transformando; así como evaluar los cambios en el registro arqueológico a lo largo del tiempo en este marco.

En la costa atlántica de Patagonia, como en muchas otras regiones del globo, la dinámica costera ha jugado y juega un rol fundamental en la configuración actual del registro. La inercia propia de los ambientes marinos y continentales se conjuga en el ámbito litoral imprimiendo propiedades espaciales y temporales a la evidencia arqueológica (FAVIER DUBOIS, 2009), de un modo que, como ocurre en otros contextos, hace ineludible considerar el marco geomorfo-

1 CONICET-INCUPA, Departamento de Arqueología, Facultad de Ciencias Sociales, Universidad Nacional del Centro, Olavarría - Argentina.
E-mail: <cfavier3@gmail.com>.

lógico y las unidades matriz como parte del registro a interpretar (GLADFELTER, 1977; STEIN, 1985). No es posible realizar inferencias acerca del registro arqueológico si desconocemos los factores que han modelado y modelan sus características. Es por ello que todo proyecto arqueológico involucra necesariamente el abordaje de cuestiones geoarqueológicas, se hallen éstas explícitas o no en el diseño de investigación.

En el caso particular de la costa norpatagónica (golfo San Matías, Río Negro), el proyecto que estamos desarrollando propone un abordaje geoarqueológico a la estructura espacial del registro arqueológico y a su dimensión temporal, en el marco de la cambiante morfología del paisaje costero y de su entorno ambiental, con el objetivo de abordar allí tiempo y modos de ocupación humana desde la evidencia más temprana.

Las investigaciones arqueológicas, iniciadas en el año 2004 en la región, pusieron en manifiesto la existencia de al menos dos etapas diferenciadas respecto al uso de este litoral por parte de los grupos cazadores- recolectores que lo habitaron (FAVIER DUBOIS et al. 2009). En la primera, durante el Holoceno medio y comienzos del tardío (6000 – 2000 años AP), se evidencia un uso intensivo de la fauna marina, particularmente peces y lobos marinos, mientras que en la segunda, entre 1500 y 400 años AP, se produce un notable cambio hacia una diversificación en las especies consumidas, creciendo en importancia las terrestres como el guanaco y el ñandú. Estos resultados se hallan respaldados tanto por información arqueofaunística como paleodietaria (isótopos estables del C y del N sobre restos humanos). Se registran asimismo cambios tecnológicos y en la movilidad de los grupos vinculados con estas etapas.

En este marco, buscamos evaluar desde la geoarqueología de qué manera los procesos derivados de la evolución geomorfológica litoral pueden hallarse involucrados en los cambios en el uso de este espacio y sus recursos, así como afectar propiedades críticas del registro arqueológico como continuidad espacial y temporal, preservación y visibilidad. Con este objetivo se reconstruyeron los principales

escenarios geomorfológicos que enmarcaron las ocupaciones en esta faja costera, los ambientes representados y recursos explotados por los seres humanos en distintas etapas de ocupación. Por otro lado, se analizó críticamente el patrón de edades obtenido en este paisaje tan dinámico, con espacios que aparecen y desaparecen, hecho que, como veremos, afecta sensiblemente las edades obtenidas para las ocupaciones en el área. Finalmente, hemos buscado enmarcar la evolución geomorfológica y las cronologías de ocupación de este litoral en un escenario mayor, el paleoclimático, dada su innegable influencia en la toma de decisiones humanas respecto al uso de la costa a lo largo del tiempo. Vemos de esta manera cómo un abordaje del contexto geoambiental del registro como el que propone la geoarqueología permite encarar algunas preguntas centrales de un proyecto de investigación arqueológica.

LA COSTA ATLÁNTICA NORPATAGÓNICA: EL GOLFO SAN MATÍAS (RÍO NEGRO)

La costa atlántica norpatagónica se caracteriza por el predominio de acantilados bajo activa erosión, que se alternan con entrantes costeros como bahías y caletas donde dominan procesos de acreción y que constituyen los lugares que ofrecen la mayor variedad de recursos potencialmente explotables por grupos cazadores-recolectores (FAVIER DUBOIS et al. 2009). El sector bajo estudio, la costa norte del golfo San Matías, representa un tramo de unos 250 km de la costa atlántica norpatagónica. Posee un clima semiárido, con una temperatura media de 15° C, precipitaciones menores a los 300 mm anuales, y vegetación arbustiva que corresponde a la provincia de Monte (CABRERA; WILLINK, 1980). Las mareas tienen un régimen semi-diurno y amplitud macromareal, con medias de unos 6 m y máximas de unos 9 m registradas en el principal entrante costero del golfo San Matías, la bahía de San Antonio (figura 1).

Desde un punto de vista geológico, en el norte del golfo San Matías se desarrolla una antigua planicie fluvial elevada, interrumpida

vida por bajos topográficos, como el que conforma la Bahía de San Antonio, el Bajo de la Quinta, la depresión desarrollada entre Caleta de los Loros y Bahía Creek, y Bahía Rosas (GONZÁLEZ DÍAZ; MALAGNINO, 1984; FAVIER DUBOIS; KOKOT, 2011) (figura 1). Son estos bajos precisamente los que interrumpen la costa acantilada configurando entrantes costeros de suavizadas pendientes (bahías y caletas) que constituyen las vías privilegiadas de acceso al mar, donde se desarrollan cordones de gravas, playas arenosas y campos de dunas.

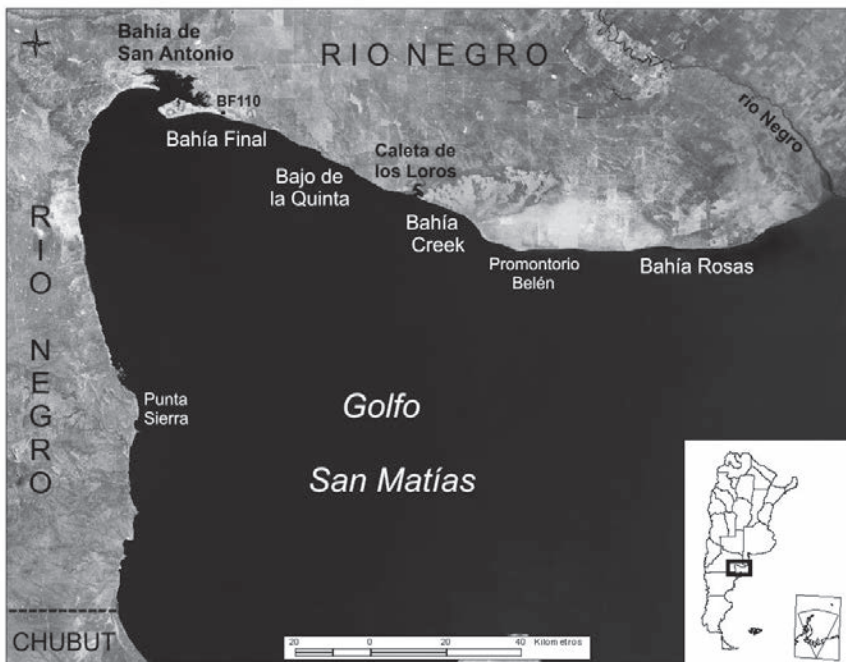


Figura 1: Imagen satelital del golfo San Matías (Río Negro), con ubicación de las localidades mencionadas en el texto.

Destacándose en la costa atlántica norpatagónica, el norte del golfo San Matías combina una serie de condiciones particulares para un uso exitoso de sus ambientes y recursos: a) una elevada bioproduktividad y biodiversidad marinas; b) un clima relativamente templado

y húmedo respecto a otros sectores de la costa patagónica; c) surgentes de agua dulce en los campos de dunas; y d) abundantes fuentes de materia prima lítica en depósitos secundarios (FAVIER DUBOIS; BORELLA, 2011). Entre otros aspectos, estos factores pudieron resultar muy atractivos para grupos habitantes de regiones semiáridas de baja productividad, como lo es el norte de la Patagonia. Este hecho queda evidenciado en el amplio rango temporal de las ocupaciones humanas en este litoral, entre *ca.* 6000 y *ca.* 400 años AP, y por la importante explotación de sus recursos a lo largo de ese período.

De esta manera, un aspecto central del proyecto arqueológico en la región lo constituyó evaluar los modos de uso de esta faja marítima a lo largo del tiempo, así como analizar aquellos factores que pudieron incidir en los cambios observados.

METODOLOGIA

La aproximación geoarqueológica a esta porción de la costa patagónica involucró en una primera etapa el estudio de las características geológico-estructurales que definieron los principales tipos de costas, y que han tenido persistencia temporal (FAVIER DUBOIS; BORELLA, 2011). Esto a fines de evaluar diferencias que puedan tener correlatos en el uso humano del espacio en el pasado, así como en la preservación y/o la visibilidad de los sitios arqueológicos a escala regional. Luego se trabajó con la evolución geomorfológica de cada sector, a la vez que se realizaron dataciones de las geoformas y de las ocupaciones humanas en vistas de integrar todo en un marco temporal coherente. A ello se sumó la obtención de información paleoclimática desde diferentes vías de análisis.

Los datos geológicos y geomorfológicos fueron obtenidos a partir de fotos aéreas a escala 1:60.000 del Instituto Geográfico Nacional y a escala 1:20.000 del Servicio de Hidrografía Naval Argentino, imágenes satelitales (IGM LANDSAT, 1999; GOOGLE EARTH, 2007), así como información generada a través de prospecciones en el terreno y sondeos estratigráficos. El modelado de las alturas del nivel del mar

se realizó a partir de los programas Surfer 9.0 y Global Mapper 11.

Las dataciones radiocarbónicas (Laboratorio de Tritio y Radio-carbono, LATYR, La Plata y University of Arizona AMS Laboratory) se efectuaron sobre moluscos hallados en las terrazas marinas, sobre otolitos de corvina rubia (huesos del oído medio de *Micropogonias furnieri*), así como sobre valvas y carbones procedentes de concheros, acumulaciones antrópicas de valvas muy frecuentes en la región. Todas las edades fueron ingresada al programa Cal Pal versión 2007, previa corrección de las edades marinas, las que luego fueron calibradas a un sigma y graficadas en años AP. Los estudios paleoambientales consistieron en: a) análisis de isótopos estables ($\delta^{18}\text{O}$ y $\delta^{13}\text{C}$) sobre moluscos para evaluar paleotemperatura y productividad marinas (Laboratorio de Isótopos Estables, INGEIS, UBA-CONICET, Buenos Aires); y b) estudio de testigos polínicos procedentes de una laguna próxima a la costa (Laboratorio de Paleoeología y Palinología, UNMDP, Mar del Plata).

RESULTADOS

Los resultados se enumeran de acuerdo a los tres ejes de estudio desarrollados desde la perspectiva geoarqueológica: la evolución geomorfológica, la cronología de las ocupaciones y el entorno paleoambiental/paleoclimático. Esta trilogía guarda correspondencia con los objetivos principales de la geoarqueología propuestos por Waters (1992), que buscan dar cuenta de los procesos naturales involucrados en la formación del registro arqueológico, su ubicación temporal y su contexto paisajístico-ambiental, como estrategia para un abordaje integral.

1. Geomorfología: los cambiantes escenarios costeros

El estudio de los cambios en el registro arqueológico litoral no puede resultar completo sin una aproximación a los escenarios en los que se desarrollaron las ocupaciones humanas, explorando aquellos factores naturales que pudieron afectar el uso de la costa y sus

recursos a lo largo del tiempo. En este sentido la reconstrucción de los escenarios geomorfológicos resultaba imprescindible para contextualizar las etapas reconocidas en el uso de este espacio por los grupos cazadores-recolectores del pasado.

Para reconstruir escenarios costeros se seleccionaron los principales entrantes marinos de la costa norte del golfo San Matías: la bahía de San Antonio, el bajo de la Quinta, y la bahía Creek, que son los lugares que registran ocupaciones humanas correspondientes al Holoceno medio y tardío. En el resto de este litoral las ocupaciones se limitan al Holoceno tardío, con sólo una excepción (ver Cronología).

Los mencionados entrantes han sufrido una importante evolución geomorfológica desde el Pleistoceno, y en particular, desde el máximo transgresivo del Holoceno medio. Los depósitos marinos que en ellos se preservan consisten principalmente en cordones litorales y espigas. Aquellos correspondientes al Pleistoceno conforman terrazas cuya altura supera los 10 m sobre el nivel del mar, mientras que los holocenos poseen en todos los casos alturas menores a este valor (SCHELLMANN, RADTKE, 2010; FAVIER DUBOIS; KOKOT, 2011).

Las ocupaciones humanas del Holoceno medio apoyan sobre elevadas terrazas marinas pleistocenas, que constituían el borde costero en tiempos transgresivos, mientras que el registro arqueológico del tardío descansa sobre las menos elevadas terrazas holocenas, generadas por la acreción marina pos-transgresiva.

La evolución litoral desde el máximo nivel marino (ca. 7000 a 6000 años AP) ha dado lugar a numerosos y sucesivos cambios en los escenarios geomorfológicos en cada entrante. Aquí seleccionamos las dos etapas de ocupación principales (escenarios A y B) que ilustran las mayores diferencias en el paisaje y en el registro arqueológico asociado.

A. ESCENARIO TEMPRANO (6000-4500 años AP)

El paisaje costero del Holoceno medio era muy diferente al que observamos en la actualidad. El elevado nivel marino registrado en

este litoral entre 6000 y 4500 años AP inundaba espacios entre antiguas geoformas marinas pleistocenas y cañadones fluviales, dando lugar a la formación de pequeñas caletas y canales en lo que constituía una línea de costa muy irregular. La simulación digital ayuda a evaluar esta morfología antigua a partir de la elevación artificial del nivel del mar sobre la base topográfica de cada área (ver figura 2 como ejemplo). La evidencia arqueológica de aquellos momentos consiste en miles de otolitos de corvina sobre la superficie de espigas y cordones pleistocenos elevados entre 15 y 25 m sobre el nivel del mar, que hoy se hallan alejados hasta 2 km de la línea de pleamar (FAVIER DUBOIS et al. 2009). Asociados a ellos se registran numerosas pesas de redes, conformadas por guijarros discoidales de playa con muescas en dos extremos, así como instrumentos líticos de bordes denticulados, que pueden relacionarse con las primeras etapas del procesamiento de peces.

En una costa de contorno irregular como la correspondiente al máximo transgresivo (ver detalle en la figura 3a) el uso de redes habría proporcionado una abundante pesca, por ejemplo, colocando las mismas en forma transversal a la dirección de los canales dominados por las mareas de gran amplitud. Las dataciones radiocarbónicas obtenidas sobre los otolitos de corvinas ubican las actividades de pesca intensiva entre ca. 6000 y ca. 4500 años AP, tanto en la Bahía de San Antonio como en el Bajo de la Quinta y en Bahía Creek. La numerosa evidencia de prácticas pesqueras en los escenarios costeros tempranos es consistente con los valores paleodietarios obtenidos para los restos humanos de esta etapa de ocupación, que indican dietas predominantemente marinas (FAVIER DUBOIS et al. 2009; FAVIER DUBOIS, SCARTASCINI, 2012)

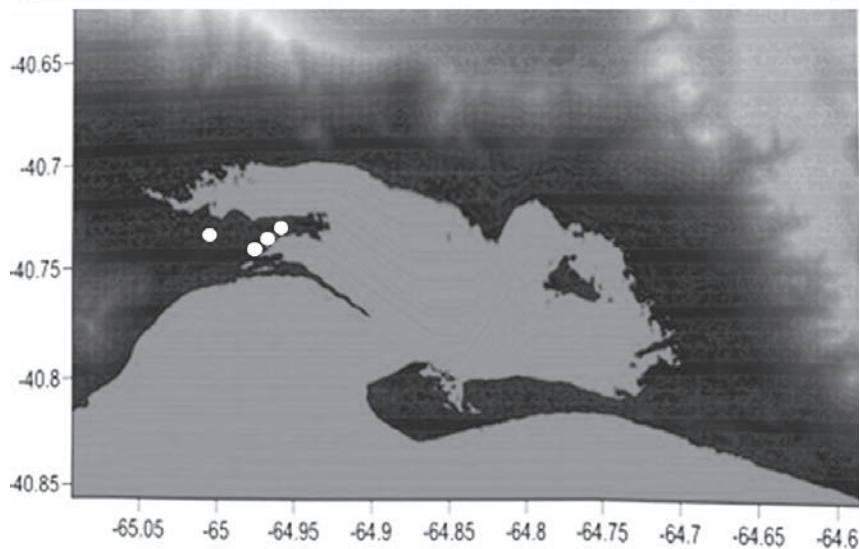
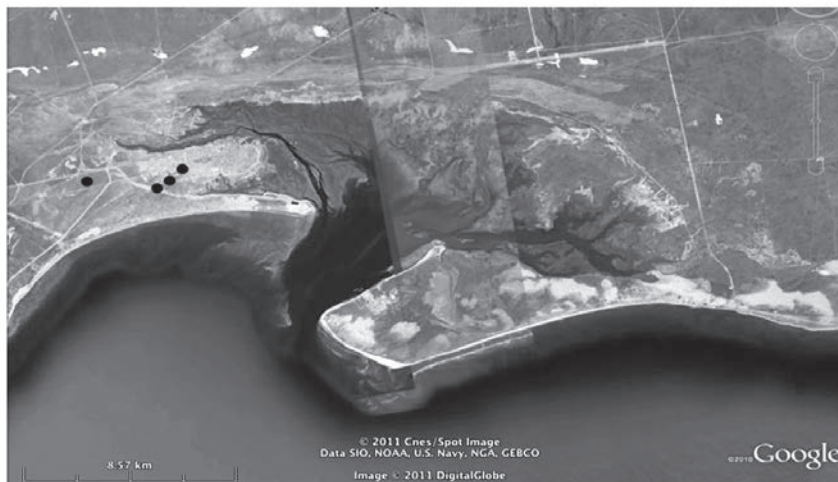


Figura 2: Escenario transgresivo simulado a partir del incremento del nivel marino en una de las localidades bajo estudio, la bahía de San Antonio. Las simulaciones aproximan la línea de costa a los sitios de pesca (círculos pequeños) datados en el Holoceno medio (tomado de FAVIER DUBOIS; SCARTASCINI, 2012).

B. ESCENARIO TARDIO (2500-1000 años AP)

El descenso marino pos-transgresivo se halla indicado por la formación de cordones litorales en los entrantes costeros, que van conformando una terraza holocena (figura 3 b y c). En algunos casos el drenaje fluvial hacia el mar comienza a interrumpirse por la barrera que constituyen estos cordones y por las dunas que comienzan a desarrollarse a sus expensas. En el Bajo de la Quinta esta barrera favoreció la formación de una laguna temporalia en el centro de la cuenca (figura 3 b - d), mientras que en otros entrantes estas dunas se convirtieron en los únicos reservorios de agua dulce.

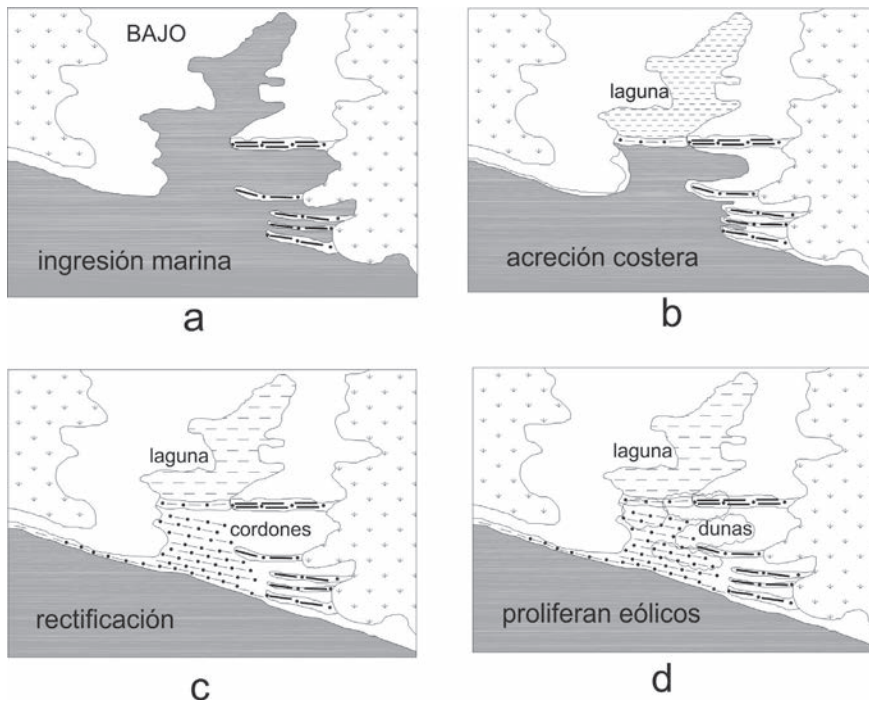


Figura 3: Evolución del Bajo de la Quinta desde el Holoceno medio (a - d). Se ilustra el paulatino relleno que sufrió este entrante, proceso que también afectó a otros de ellos a lo largo del golfo San Matías (modificado de FAVIER DUBOIS; KOKOT, 2011).

El paulatino relleno de la costa la fue rectificando, cambiando su configuración y ofreciendo playas a mar abierto. En este escenario tardío se registra una gran cantidad y diversidad de materiales arqueológicos (incluyendo enterratorios humanos) en las dunas ubicadas sobre las terrazas holocenas. La proliferación de depósitos eólicos (figura 3 d) ha permitido que gran parte de este material se haya preservado en estratigrafía en muy buenas condiciones, a diferencia de lo ocurrido con el escenario temprano donde se halla en superficie. Entre estos materiales se observa un tipo de pesas líticas diferente respecto a las de los escenarios del Holoceno medio; en este caso son pequeñas y esféricas, con surco perimetral. A la vez, se registran cambios en la cantidad y tamaño de los otolitos de corvina, cuyo número disminuye notablemente y su tamaño se estandariza en mediano a grande. Estos cambios sugieren el uso de líneas de pesca en lugar de redes. Ello se habría producido en función de los cambios en la morfología de la costa que favorecería una u otra técnica de pesca sucesivamente, primero el uso de redes en canales, y luego de líneas a mar abierto (FAVIER DUBOIS; SCARTASCINI, 2012). El registro arqueofaunístico muestra una mayor variedad de especies terrestres consumidas durante esta etapa tardía y, de manera coherente, los análisis paleodietarios indican la existencia de dietas mixtas y continentales en los restos humanos de ese momento.

2. Cronología: evaluando los sesgos geológicos

La cronología es otro aspecto de gran importancia a la hora de evaluar el uso de un espacio costero, y no resulta ajeno a su evolución geomorfológica. En el litoral bajo estudio se han obtenido 63 dataciones ^{14}C en sitios arqueológicos, pero se observa que las mismas se distribuyen de forma desigual a lo largo de la costa.

En los entrantes costeros (30% de este litoral) se registran las edades más antiguas y la mayor continuidad temporal (ocupaciones del Holoceno medio y tardío); mientras que en las costas exteriores a ellos (70% restante) se obtuvieron edades hasta los 3400 años ^{14}C

AP (con sólo una excepción) correspondiendo casi exclusivamente al Holoceno tardío (figura 4).

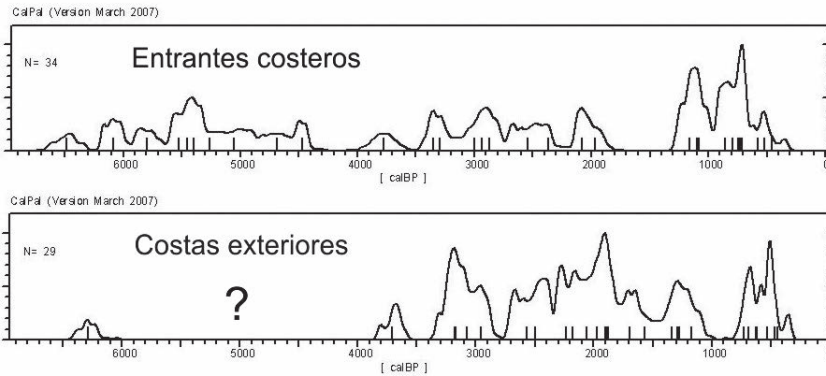


Figura 4: Edades ^{14}C obtenidas en los entrantes costeros y fuera de ellos (costas exteriores). Nótese la escasez de fechados en el segundo caso durante el Holoceno medio.

Este panorama sugiere que básicamente los entrantes costeros fueron los espacios ocupados durante el Holoceno medio, lugares donde se han sucedido los escenarios de pesca analizados en el punto anterior. Cabe preguntarse, ¿Es éste el patrón de ocupación humana en este litoral? ¿Qué otros factores pueden hallarse involucrados?

A fin de evaluar esta imagen de la cronología de ocupación humana del área nos propusimos evaluar la evolución geomorfológica de un tramo costero fuera de los entrantes a fin de obtener una visión de los procesos allí actuantes. Se eligió un sector que se desarrolla a lo largo de unos 30 km, denominado Bahía Final (fig. 1), donde se observa la presencia de un paleoacantilado marino y cordones litorales de hasta 600 m de desarrollo. Allí se ha recuperado gran cantidad de evidencia arqueológica, tanto sobre el paleoacantilado como sobre los cordones que conforman la terraza holocena. No obstante, las edades obtenidas sobre estos materiales no superan en ningún caso los 3400 años ^{14}C AP. Por otro lado, las dataciones sistemáticas de cordones litorales proporcionaron

una edad máxima de ca. 3090 años ^{14}C AP. De esta manera no se han podido datar aún en este sector ni ocupaciones humanas ni geofformas marinas correspondientes al Holoceno medio. Es muy probable que estas unidades se hayan visto erosionadas, y es posible que este fenómeno se halle vinculado con los cambios en el nivel del mar.

Trabajos geológicos realizados en la costa central y norte de Patagonia como el de Codignotto et al. (1990) en Bahía Solano (Chubut) y el de Monti (2000) en Bahía Engaño (Chubut), detectaron un período de relativa estabilidad del nivel del mar entre 6500 y 3800/3200 años ^{14}C AP y un descenso significativo luego de esas fechas. Un trabajo posterior realizado en la costa Patagónica central y sur (Chubut y Santa Cruz) por Schellmann y Radtke (2010) obtuvo pruebas de dos pulsos importantes de descenso del nivel del mar. Uno hacia el 6000 cal AP, seguido por un período de estabilidad, y luego otro pulso de descenso, más marcado, hacia el 2600 cal AP.

Estos pulsos de descenso del nivel relativo del mar detectados por los mencionados investigadores resultan de gran interés. El primero de ellos pudo haber dado inicio al relleno de los entrantes costeros en la costa norte del golfo San Matías, durante la etapa de descenso y estabilidad, entre aproximadamente 6500/6000 y 3800/3200 años ^{14}C AP. Luego, el segundo pulso de descenso (aparentemente más marcado) pudo favorecer la acreción costera a una escala más amplia, incluyendo las costas exteriores a los entrantes, menos protegidas, que habrían sufrido el efecto predominante de la erosión antes del 3800/3200 ^{14}C AP. Este esquema resultaría coherente con las fechas obtenidas en sitios arqueológicos y cordones litorales ubicados en las localidades fuera de los entrantes, como por ejemplo BF110 (figura 5). En este lugar, las edades ^{14}C sugieren que el paleoacantilado marca una línea de costa previa a ca 2800 años AP (cordón litoral cercano al paleoacantilado) y próxima a ca. 3200 AP (edad de un conchero sobre el paleoacantilado). En ca. 2000 años AP, edad de otro conchero datado allí, ya se había formado gran parte de la terraza holocena (figura 5).



Figura 5: Vista de un tramo de costa exterior en la Localidad BF110. Las edades obtenidas en concheros y sobre cordones litorales corresponden al Holoceno tardío, situación que se repite en gran parte de la costa norte del golfo San Matías.

De esta manera, los paleoacantilados que observamos hoy en día fuera de los entrantes marinos no necesariamente corresponden a una línea de costa del Holoceno medio, como podría suponerse. Estos sectores bien pudieron haber sufrido erosión hasta comienzos del Holoceno tardío, momento en que los trabajos geológicos registran un descenso importante del nivel del mar. De acuerdo con esta dinámica, y con las edades obtenidas al momento, los mismos representarían una costa próxima al 3800/3200 ^{14}C AP, o aún más reciente, pero no referible al máximo transgresivo.

Lo que es destacable desde el punto de vista arqueológico es que la línea de costa correspondiente al Holoceno medio se habría visto erosionada en la mayoría de estos lugares, y con ella, la potencial evidencia de ocupaciones humanas que pudiera contener. Este hecho se vería favorecido por la friabilidad de las sedimentitas que afloran en la costa norte del golfo San Matías (areniscas y limolitas no con-

solidadas), lo que habría hecho retroceder los acantilados en forma rápida. A ello se suma el hecho de que los materiales datados por ^{14}C proceden de concheros (valvas y carbón) o son otolitos de corvina. Ambos tipos de evidencia arqueológica suelen descartarse sobre la línea de costa, o muy próximos a ella, y por tanto son sensibles a desaparecer por erosión de la misma.

En suma, parece existir un sesgo geológico en la preservación de los escenarios y del registro de ocupaciones del Holoceno medio fuera de los entrantes costeros, esto es en el 70% de la costa norte del golfo. Ello no implica que no pueda hallarse evidencia de esa cronología en este sector, de hecho se recuperaron valvas datadas en ca. 5700 años AP sobre un elevado acantilado (Promontorio Belén, Fig. 1) que representan la excepción, pero ayuda a explicar por qué la evidencia arqueológica correspondiente al escenario temprano, tan abundante en los entrantes marinos, resulta casi ausente fuera de ellos.

3. Paleoambientes/paleoclima: tendencias del entorno ambiental

Estudios paleoclimáticos realizados por Schäbitz (1994 y 2003) en lagunas secas próximas a esta región (NE de Patagonia) indican condiciones áridas durante el Holoceno Medio (ca. 7500 años AP) con elevadas temperaturas y bajas precipitaciones. Estas condiciones áridas cambiaron levemente hacia semiáridas entre ca. 5000 años AP y ca. 3000 años AP. Finalmente, de acuerdo con este autor, en ca. 3000-2500 años AP se establecieron las condiciones semiáridas actuales, más benignas, incrementándose las precipitaciones anuales (SCHÄBITZ, 2003).

En el marco de los estudios geoarqueológicos que estamos desarrollando en el área, se obtuvieron valores isotópicos sobre moluscos de concheros a fin de evaluar paleotemperatura y bioproductividad marinas, y se realizaron estudios polínicos en una de las principales localidades arqueológicas.

Las muestras de moluscos fueron obtenidas de 16 concheros, con edades entre ca. 5300 y ca. 450 años AP. El análisis isotópico de los

mismos indica una leve tendencia al enfriamiento del agua marina y a una menor bioproductividad hacia el Holoceno tardío final (últimos 1000 años) (FAVIER DUBOIS et al. 2009; FAVIER DUBOIS; BATRES, 2011). Por su parte, los estudios polínicos se realizaron en dos testigos obtenidos en la laguna temporaria del Bajo de la Quinta. La secuencia muestreada evidencia depósitos marinos en su base, luego fluviales y finalmente depósitos lacustres laminados hacia el tope de la misma. El registro polínico señala entre 6800-3000 años AP la presencia de una estepa arbustiva xerofítica bajo condiciones climáticas predominantemente áridas, y luego un cambio a semiáridas hacia el Holoceno tardío (ca. 3000 AP) en correspondencia con el esquema de Schäbitz (2003). No obstante, alrededor de los 1000 años AP, se registra un nuevo pulso árido inferido por la reaparición de tipos polínicos similares a los del primer bloque temporal (Marcos et al. 2012). Este pulso podría representar la expresión en la costa de anomalías de precipitación y temperatura referibles al Período Cálido Medieval, detectadas previamente por estudios dendroclimáticos en el NO de Patagonia (VILLALBA, 1994) y para el que se conocen correlatos en diferentes partes del mundo. Para los últimos 500 años el registro polínico indica que la vegetación del área es similar a la que se desarrolla actualmente en el Bajo.

DISCUSION Y CONCLUSIONES

Atendiendo a los escenarios costeros, el estudio de los otolitos de corvinas y los artefactos de pesca recuperados en los entrantes marinos sugiere que las técnicas de captura de esta especie habrían sido diferentes durante el Holoceno medio respecto al tardío final. Para la primera etapa (escenario A) hay evidencias de una pesca intensiva a partir del uso de redes. La particular configuración costera en aquellos momentos habría facilitado notablemente la pesca mediante esta técnica de captura masiva. En vistas de que se trata de sitios de superficie, esta evidencia se ha visto sesgada, consistiendo en la presencia de miles de otolitos de corvina de diversos tamaños

en superficie, así como de pesas líticas y otros artefactos, sobre las márgenes de la línea de costa hoy retirada del mar transgresivo.

Durante el holoceno tardío final se habrían utilizado principalmente líneas de pesca, bajo un escenario que mostraba una costa rectificadas, abierta al océano (figura 3 c, escenario B). En este contexto se observa el predominio de pesas pequeñas de morfología distinta, que se acompaña con dimensiones más uniformes y escasa cantidad de otolitos de corvina, insinuando que la cantidad de piezas recuperadas se había hecho mucho menor, así como probablemente su aporte a la dieta. En conjunto, la evidencia sugiere cambios en las prácticas pesqueras en función de las modificaciones en la costa a lo largo del tiempo.

Otra consecuencia de la evolución geomorfológica pos-transgresiva, y en particular del segundo pulso de descenso marino, fue el desarrollo de cordones litorales a mayor escala en esta costa, que dio lugar a la formación de numerosos depósitos eólicos. La presencia de dunas favoreció, por un lado, la preservación del material arqueológico, y por otro, la disponibilidad de agua para uso humano. El agua freática que concentran estos cuerpos arenosos constituye la principal oferta de agua dulce de buena calidad en la región fuera del propio río Negro (OLIVARES; SISUL, 2005), factor que ha congregado poblaciones en el pasado y en el presente.

Respecto a la cronología arqueológica, hemos visto que la evolución geomorfológica también provee un ángulo interesante de discusión, ya que permite evaluar hasta qué punto las edades obtenidas responden realmente a factores culturales o a posibles sesgos naturales. Los contactos horizontales entre geoformas costeras suelen involucrar hiatos temporales, a veces importantes, y pueden proporcionar una imagen que no necesariamente corresponde a la dinámica de ocupación humana. ¿No hubo ocupaciones durante el Holoceno medio en la mayor parte de la costa norte del golfo San Matías o esta evidencia puede hallarse sesgada? Es conocido también el fuerte sesgo que existe para las ocupaciones previas al máximo transgresivo, en gran medida eliminadas por el avance marino sobre yacimientos

arqueológicos preexistentes (BAILEY; MILNER, 2002). En este sentido en costas fácilmente erodables como el litoral norte del golfo San Matías es muy poco probable la presencia de sitios previos a este importante avance, no superándose al momento la barrera de los 6000 años AP. No obstante, en la costa oeste de este golfo, al sur de Punta Sierra (figura 1) afloran rocas ígneas y metamórficas, con un relieve más pronunciado, que alientan la búsqueda de sitios más antiguos en ese sector.

Desde una aproximación ambiental, el escenario paleoclimático del Holoceno medio corresponde a las condiciones más áridas para el Holoceno registradas en la región nordeste de Patagonia (SCHÄBITZ, 1994; 2003). El consecuente empobrecimiento de los ecosistemas terrestres en aquel entonces resultaría favorable para la colonización de espacios de productividad sostenida, como el litoral marítimo del golfo San Matías, particularmente en una etapa en la que los estudios isotópicos sobre moluscos sugieren una mayor temperatura y productividad. Ello podría contribuir a explicar el temprano desarrollo de las prácticas pesqueras en este litoral (ca. 6000 años AP), que se verían favorecidas por la particular morfología de su costa durante la transgresión marina (FAVIER DUBOIS; KOKOT, 2011). Posteriormente, el paulatino relleno y rectificación de la misma habría llevado a un cambio importante en los escenarios de pesca. A la vez, las condiciones ambientales se hicieron algo más húmedas (SCHÄBITZ, 2003, MARCOS et al. 2012) y la productividad terrestre se incrementó, disminuyendo aparentemente la marina (FAVIER DUBOIS et al. 2009; FAVIER DUBOIS; BATRES, 2011). Este escenario tardío podría dar cuenta de los cambios en las técnicas de pesca, que en volumen disminuyó, y de una mayor utilización de los recursos terrestres, como atestiguan los datos paleodietarios y arqueofaunísticos (FAVIER DUBOIS et al. 2009). Estos cambios pudieron acentuarse hacia el 1000 AP en vistas del deterioro ambiental ocurrido en la región durante el Período Cálido Medieval, atestiguado en el registro polínico de este litoral (MARCOS et al. 2012). Tal circunstancia habría generado una mayor concentración humana en

los manantiales de las dunas costeras, hecho coherente con el notable aumento en esos momentos de la evidencia arqueológica en aquellas localidades donde éstos cuerpos arenosos son abundantes (FAVIER DUBOIS et al. 2009).

De esta manera, la evolución geomorfológica y paleoclimática ha generado escenarios costeros cambiantes en esta faja marítima, que fueron atractivos por diferentes causas en distintos momentos del Holoceno. Estos escenarios han contribuido a modelar tanto el uso de este espacio por parte de los grupos prehispánicos, como la cronología y características del registro arqueológico preservado a lo largo del tiempo.

Los estudios geoarqueológicos proporcionan el marco necesario para el análisis de las tendencias espaciales y temporales detectadas en el uso de la costa y sus recursos, permitiendo profundizar los alcances y limitaciones de nuestro conocimiento de las interacciones hombre-ambiente en este litoral desde las evidencias más tempranas de ocupación.

AGRADECIMIENTOS

Especialmente al Dr. Julio Cezar Rubin de Rubin por su amable invitación a contribuir en este libro. A la Dra. Florencia Borella con quien dirigimos los proyectos en el área desde 2004 y a todo el equipo de trabajo. Estas investigaciones pudieron realizarse gracias a los subsidios del CONICET PIP 6415 y PIP 00756, de la Agencia ANPCYT PICT 38264 y de National Geographic Society CRE Grant 8171.

REFERÊNCIAS

- BAILEY, G. N.; MILNER, N. J. Coastal hunters and gatherers and social evolution: marginal or central? *Before Farming: the Archaeology of Old World Hunter-Gatherers*, v. 3-4, n. 1, p. 1-15, 2002.
- BUTZER, K. *Archaeology as Human Ecology. Method and Theory for a Contextual Approach*. Cambridge: University Press, 1982.
- CABRERA, A. L.; WILLINK, A. *Biogeografía de América Latina*. Monografías de la OEA, Washington D.C., 1980.

CODIGNOTTO, J. O.; CESARI, O.; BEROS, C. A. Morfocronología secuencial evolutiva holocena en bahía Solano, Chubut. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, v. 45, n. 3-4, p. 205-212, 1990.

FAVIER DUBOIS, C. M. Geoarqueología: explorando propiedades espaciales y temporales del registro arqueológico. In: BARBERENA, R.; BORRAZZO, K.; BORRERO, L. A. (Ed.). *Perspectivas actuales en arqueología Argentina*. Buenos Aires: Editorial Dunken, 2009, p. 33-54.

FAVIER DUBOIS, C. M.; BATRES, D. Estudios de isótopos estables y elementos traza en valvas arqueológicas de la costa norte del golfo San Matías (Río Negro); alcances y limitaciones. *Congreso Nacional de Zooarqueología Argentina, II (Resúmenes)*, Olavarría, p. 33, 2011.

FAVIER DUBOIS, C. M.; BORELLA, F. Contrastes en la costa del golfo: una aproximación al estudio del uso humano del litoral rionegrino en el pasado. In: BORELLA, F.; CARDILLO, M. (Ed.). *Arqueología de pescadores y marisqueadores en Norpatagonia, descifrando un registro de más de 6000 años*. Buenos Aires: Editorial Dunken, p. 13-42, 2011.

FAVIER-DUBOIS, C. M.; KOKOT, R. R. Changing scenarios in Bajo de la Quinta (San Matías Gulf, Northern Patagonia, Argentina): impact of geomorphologic processes in subsistence and human use of coastal habitats. *Quaternary International*, v. 245, n. 1, p. 103-110, 2011.

FAVIER DUBOIS, C. M.; SCARTASCINI, F. Intensive fishery scenarios on the North Patagonian coast (Río Negro, Argentina) during the Mid-Holocene. *Quaternary International*, v. 256, n. 1, p. 62-70, 2012.

FAVIER DUBOIS, C. M.; BORELLA, F.; TYKOT, R. H. Explorando tendencias temporales en el uso del espacio y los recursos marinos en el Golfo San Matías (Río Negro). In: SANTIAGO, F. et al. (Ed.). *Arqueología de Patagonia: una mirada desde el último confin*, Ushuaia: Editorial Utopías, v. 2, 2009, p. 985-997.

GLADFELTER, B. G. Geoarchaeology: The geomorphologist and Archaeology. *American Antiquity*, v. 42, n. 4, p. 519-538, 1977.

GONZALEZ DÍAZ, E.; MALAGNINO, E. Geomorfología de la provincia de Río Negro. In: *Congreso Geológico Argentino, IX (Actas)*. Buenos Aires: Secretaría de Minería, p. 1-159, 1984.

MARCOS, M. A.; MANCINI, M. V.; FAVIER DUBOIS, C. M. Middle-Late Holocene environmental changes in Bajo de la Quinta, NE Patagonia, inferred by palynological records and their relation to human occupation. *The Holocene*, v. 256, n. 11, p. 1271-1281, 2012.

MONTI, A. J. Edades 14C y ciclicidad de la acreción en depósitos costeros elevados, Bahía Engaño, Chubut. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, v. 55, n. 4, p. 403-406, 2000.

OLIVARES, G.; SISUL, A. Los recursos hídricos en el sector costero rionegrino. In: MASSERA, R., LEW, J. (Ed.) *Las Mesetas Patagónicas que caen al Mar: la costa rionegrina*. Gobierno de Río Negro, Viedma, p. 235-247, 2005.

SCHÄBITZ, F. Holocene climatic variations in Northern Patagonia, Argentina. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, v. 109, p. 287-294, 1994.

SCHÄBITZ, F. Estudios polínicos del Cuaternario en las regiones áridas del sur de Argentina. *Revista del Museo Argentino de Ciencias Naturales*, v. 5, n. 2, p. 291-299, 2003.

SHELLMANN, G.; RADTKE, U. Timing and magnitude of Holocene sea-level changes along the middle and south Patagonian Atlantic coast derived from beach ridge systems, litoral terraces and valley-mouth terraces. *Earth-Science Reviews*, v. 103, p. 1-30, 2010.

STEIN, J. K. Interpreting Sediments in Cultural Settings. In: STEIN, J. K.; FARRAND W. R. (Ed.) *Archaeological Sediments in Context*. Orono, Maine: Center for the Study of Early Man, 1985, p. 5-19.

VILLALBA, R. Tree ring and Glacial Evidence for the Medieval Warm Epoch and the Little Ice Age in Southern South America. *Climatic Change*, v. 26, p.183-197, 1994.

WATERS, M. R. *Principles of Geoarchaeology*. London: The University of Arizona Press, Tucson & London, 1992.

Pesquisas arqueométricas na Amazônia, com ênfase no material cerâmico

*Dirse Clara Kern • André Heron • Bruno Apolo Miranda Figueira¹
Jucilene Amorim Costa²*

A arqueometria é um campo interdisciplinar que faz ligação entre as ciências humanas e as ciências naturais ao aplicar métodos de investigação de ciências naturais à pesquisa da história da cultura dos povos antigos, auxiliando a Arqueologia.

As primeiras aplicações de técnicas arqueométricas datam do século XIX. Naquele período, estudos estratigráficos dos sítios arqueológicos eram utilizados para determinar a datação relativa dos artefatos depositados (RAPP; HILL, 1998). Porém, apenas na segunda metade do século XX, quando a interface entre as ciências da terra e a arqueologia tornou-se mais consolidada, é que a gama de possibilidades analíticas na investigação de problemas arqueológicos aumentou, contemplando pesquisas como a análise de solos, reconstituições paleoambientais, estudos de proveniência e caracterização da composição químico-mineralógica de artefatos cerâmicos. Sem dúvida a datação, seja ela por radiocarbono, arqueomagnetismo ou termoluminescência, foi o estudo arqueométrico que mais revolucionou a pesquisa arqueológica. Novas tecnologias e métodos de medição vêm sendo empregados cada vez mais no sentido de otimizar os trabalhos de campo e possibilitar um melhor entendimento das sociedades que habitaram uma região, através do estudo dos materiais que compõem o sítio arqueológico. A prospecção geofísica, por exemplo, é realizada em áreas de sítios arqueológicos com o intuito de se fazer o reconhecimento de superfície, através da constatação de

1 Museu Paraense Emílio Goeldi, Belém – Brasil. E-mail: <kern@museu-goeldi.br>; <andreheronreis@hotmail.com>; <brunofigueira@museu-goeldi.br>.

2 Universidade Federal do Amapá, Macapá – Brasil. E-mail: <jucilene@unifap.br>.

remanescentes arqueológicos aflorantes e pela observação do relevo. Após este reconhecimento, o arqueólogo tem condições de identificar os locais mais apropriados para realizar as escavações (ALVES; LOURENÇO, 1981). Desse modo, facilita o trabalho do arqueólogo tornando-o mais preciso e rápido, além de dar mais objetividade à sua ação. Ainda, com o mapeamento geofísico em sítios arqueológicos é possível detectar desde grandes estruturas como muros de alvenaria, canais, estradas pavimentadas, até pequenas vasilhas de cerâmica, buracos de esteio, feições de argila queimada e cavidades preenchidas com detritos ou sedimentos etc., que se encontram escondidos no solo (AITKEN, 1974; ALVES, LOURENÇO, 1981 e PEREIRA et al. 1986). A geofísica pode ser utilizada nas prospecções arqueométricas por ondas eletromagnéticas (fotografias aéreas, imagens de radar, imagens térmicas no infravermelho) e por ondas mecânicas (sísmica e sonar).

Por outro lado, através de caracterização química e mineralógica é possível identificar constituintes minerais, compostos orgânicos e inorgânicos dos solos, fragmentos de cerâmica e de material lítico, restos de alimentos, estruturas de construções etc. Para isto, a literatura descreve um conjunto de ferramentas analíticas, com destaque para microscopia eletrônica de varredura, fluorescência de raios-X, difração de raios-X, espectroscopia de infravermelho e Raman, análise térmica (TG-DTA-DSC) etc. Outras técnicas também permitem a identificação de sólidos cristalinos (compostos inorgânicos) ou amorfos (inorgânicos ou orgânicos) e ajudam a determinar, por exemplo, o tipo de tecnologia empregada na confecção de cerâmica, origem da argila empregada (local ou regional), tempo e temperatura de queima, tipo e origem de pigmentos de cerâmicas decoradas, dentre outros (MANIATIS, TITE, 1981; KING, 1987; FABBRI, MALDERA, 1989; GOODALL, et al. 2007). Adicionalmente, técnicas como cromatografia gasosa e espectrometria de massa também são utilizáveis, objetivando a caracterização química de resíduos orgânicos presentes em jarras, potes e vasilhas. Vale ressaltar que a caracterização química destas substâncias orgânicas ajuda a formular

hipóteses referentes a costumes, rituais, práticas medicinais, cosméticos, atividades de artesanato etc. (REGERT et al., 2003; COLOMBINI, MODUGNO, 2009; MALAINEY, 2011). Mais ainda, permite a identificação de resíduos remanescentes de extratos de mandioca e/ou milho e, conseqüentemente, ajuda a determinar a função da cerâmica estudada, se foi utilizada para cozimento ou armazenamento de alimentos (SILVA et al., 2010; SILVA et al., 2012).

Quanto à geoquímica especificamente, a concentração de elementos químicos em determinados locais no interior de sítios arqueológicos, associada aos dados etnográficos, independentemente de ser ou não terra preta, pode levar a informações conclusivas sobre a forma de assentamento do homem na pré-história. Sokoloff e Carter (1952) mencionam que nos locais onde o lixo era depositado, elementos químicos como cobre, zinco, ouro, manganês, fósforo e nitrogênio são mais concentrados que nos arredores, formando anomalias. Dependendo da dieta e forma de ocupação, o refugio pode ser diferentemente enriquecido nos elementos acima citados. Para Sjoberg (1976), o fósforo, além de auxiliar na localização de sítios arqueológicos, pode também ser utilizado para estimar o tamanho da população; duração e intensidade do assentamento; determinar a alimentação básica e estabelecer a idade relativa ou absoluta do sítio. Segundo Griffith (1980), os altos teores de fósforo encontrados no sítio Benson, Canadá, devem-se à ocupação humana, já que esse elemento pode ser encontrado em restos de tecidos vegetais e animais, fezes e resíduos de alimento. O autor interpretou a concentração desse elemento em locais específicos dentro do sítio, como depósito de lixo, enfatizando que altos teores de cálcio, magnésio e fósforo podem ser fortes indicadores de sítios arqueológicos.

Para obter rápida resposta, análises químicas são feitas ainda em campo para diferenciar, por exemplo, marcas de esteio de buracos de roedores (VAN der VERWE, STEIN, 1972). Deetz e Dethelfsen (1963) utilizam o pH como ferramenta auxiliar para definir estratigrafia. Além disso, com as análises isotópicas é possível identificar a procedência de metais (chumbo, prata, cobre e bronze); restabelecer

a história paleoclimática de uma região através da razão isotópica de oxigênio e reconstituir a dieta de uma população antiga através da razão isotópica carbono/nitrogênio. Com exceção das técnicas de datação radiométricas, o emprego de técnicas e métodos arqueométricos no Brasil ainda é incipiente (COSTA; KERN, 1994). Na Amazônia, a primeira pesquisa em geofísica bem sucedida se deve a Lourenço e Alves (1981) que, trabalhando com métodos magnéticos, foram capazes de identificar a presença de urnas e de fornos em subsuperfície, bem como determinar a espessura da camada de ocupação. Os primeiros trabalhos utilizando a prospecção geoquímica do solo para a arqueologia se devem a Kern (1988) e Kern e Kämpf (1989), que determinaram elementos típicos de Terra Preta Arqueológica (cálcio, magnésio, fósforo, zinco, manganês e carbono) e a distribuição espacial (horizontal e vertical) desses elementos no interior de sítios arqueológicos, na região de Cachoeira Porteira, Pará.

Os métodos arqueométricos aplicados aos estudos do material cerâmico normalmente estão relacionados aos processos de manufatura, uso e descarte. No processo de manufatura, geralmente se procura obter respostas quanto à fonte de matéria-prima (argila), sua caracterização, antiplásticos selecionados e como estes possivelmente estariam relacionados às dinâmicas de uso. Nesse sentido, a ênfase encontrada no estudo de técnicas empregadas na produção da cerâmica aponta para a importância da realização de estudos precisos capazes de identificar os elementos minerais constituintes na matriz argilosa, suas propriedades, pigmentos e como estes conferem diferentes propriedades ao artefato cerâmico quando utilizado. Além disso, diferenças de componentes minerais podem indicar fontes de matéria-prima diferentes, outra importante informação sobre o comportamento das sociedades pretéritas. A dinâmica de uso, igualmente importante, é difícil de ser estudada.

Para se obter resultados que possibilitem inferências quanto à funcionalidade das vasilhas, comumente são realizadas análises macroscópicas como a identificação do “estilo” e da “função” da vasilha (BRAUN, 1983; PLOG, 1980; SCHIFFER, 1989). Pesquisas de expe-

rimentação voltadas para compreensão de diferentes marcas físicas (abrasão) geradas nas vasilhas pode informar o uso a que era destinado o utensílio de cerâmica (cocção, armazenagem, rituais etc.). Os diferentes usos podem gerar alterações também nas propriedades químicas destes materiais, porém, a identificação destas alterações conduz à necessidade de realização de estudos geoquímicos mais precisos (SKIBO, 1992; DUMA, 1972; COSTA et al., 2003; 2004a; 2004b; 2006).

Como acontece com o solo, o fósforo no material cerâmico também é considerado um dos melhores indicadores químicos por estar presente em tecidos, vegetais, animais, fezes etc., e também estar relacionado às suas características de absorção/lixiviação mostrando, conseqüentemente, ampla gama de informações sobre as vasilhas (DUMA, 1972; CACKETTE et al., 1987; DUNNEL, HUNT, 1990; COSTA et al., 2003; 2004). Substâncias orgânicas amorfas podem ser identificadas através de cromatografia gasosa e espectrometria de massa. Estas técnicas permitem a identificação de resíduos remanescentes de extratos de mandioca ou milho e, conseqüentemente, ajudam a prever se determinada cerâmica investigada foi utilizada para fins de cozimento ou armazenamento.

Quanto às pesquisas geoquímicas e mineralógicas efetuadas na cerâmica da região amazônica, os resultados apontam a ocorrência de elevados conteúdos de fosfatos de alumínio e ferro, amorfos ou de baixa cristalinidade, originados no contato da cerâmica com a solução quente durante o processo de cozimento de alimentos ricos em fósforo (COSTA et al., 2004a, 2006). Considerando a importância das técnicas mineralógicas e geoquímicas no estudo destes materiais para arqueologia, fragmentos cerâmicos provenientes de áreas distintas da Amazônia foram submetidos a essas técnicas e os resultados obtidos são aqui apresentados e discutidos.

PESQUISAS ARQUEOMÉTRICAS NA CERÂMICA ARQUEOLÓGICA DA AMAZÔNIA ORIENTAL

Áreas estudadas

Para este estudo foram analisados fragmentos cerâmicos provenientes de sete sítios, com e sem Terra Preta Arqueológica, localizados nas regiões Sudeste, Oeste e Nordeste paraense, incluindo a chamada Zona Bragantina (figura 1 e tabela 1). Na parte SE do estado foram selecionados fragmentos cerâmicos de sítios dos municípios de Marabá, Canaã dos Carajás e Ourilândia do Norte. Na porção oeste, especificamente em Juruti, no Baixo Amazonas, os sítios selecionados são caracterizados pela ocorrência de grandes extensões de TPA contendo cerâmica ricamente elaborada (COSTA, 2011). Nos sítios da região NE, os fragmentos cerâmicos são provenientes dos municípios de Barcarena e Bragança. O material cerâmico de Barcarena apresenta fortes semelhanças com a cerâmica marajoara, especialmente no que se refere ao grafismo e à predominância de pigmentos vermelhos (figura 2). Já na Zona Bragantina, a cerâmica é pouco elaborada e temperada com conchas. Aqui, o sítio com TPA encontra-se sobre cordões arenosos em meio ao ecossistema de manguezais (RODRIGUES, 2010; SILVEIRA et al., 2011).

Tabela 1: Sítios arqueológicos, municípios de proveniência e drenagem mais próxima.

Sítio	TPA	Sigla	Município/Macrorregião	Bacia hidrográfica
Terra Preta 1	sim	TPA-1	Juruti/Oeste	Rio Amazonas
Terra Preta 2	sim	TPA-2		Rio Amazonas
Jabuti	sim	Jabuti	Bragança/NE	Rio Caeté
Marabá 10	sim	Ma-10	Marabá/SE	Rio Itacaiúnas
Ourilândia 1	não	Ou-01	Ourilândia do Norte/SE	Rio Caeté
Barcarena 8	não	Ba-08	Barcarena/NE	Rio Pará
Canaã 2	não	Ca-02	Canaã dos Carajás/SE	Rio Parauapebas

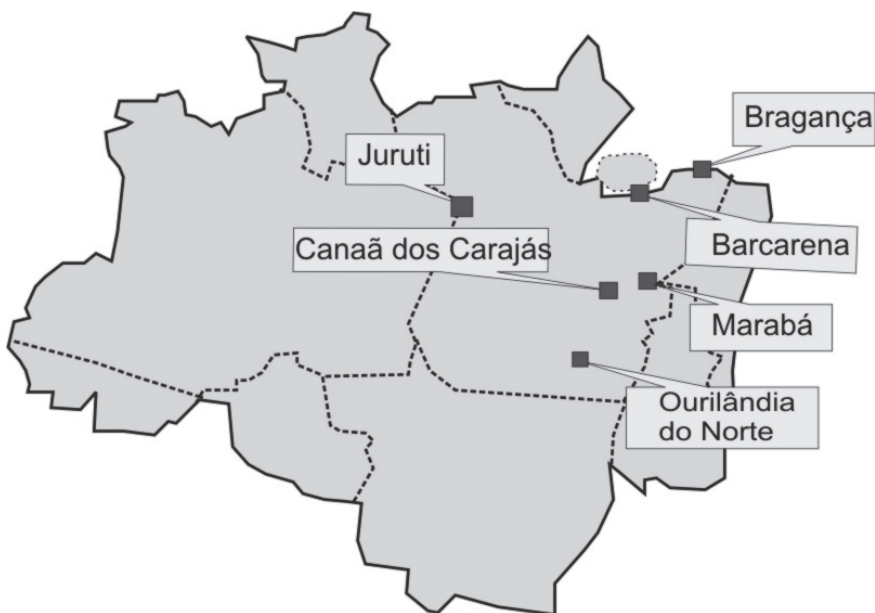


Figura 1: Mapa de localização das áreas de estudo

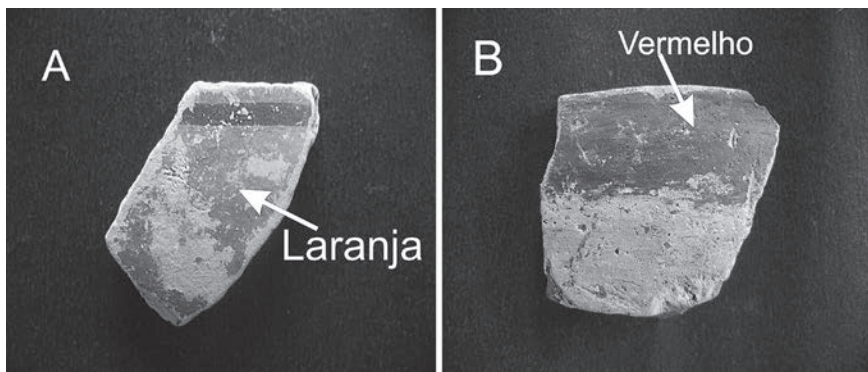


Figura 2: Fragmentos cerâmicos com pigmento laranja (A) e vermelho (B) do sítio TPA-1, Juruti (Foto: André Reis)

Métodos Analíticos

Os fragmentos cerâmicos foram individualmente numerados e analisados sob lupa binocular ZEISS, onde foram identificados seus

principais atributos técnico-estilísticos como: técnica de confecção, antiplástico, queima, acabamento, decoração, forma e volume de vasilhas, bem como a qual parte do artefato pertencia (borda, parede/corpo ou base). Estes procedimentos foram realizados nos laboratórios da empresa Scientia Consultoria Ltda, Museu Emílio Goeldi e Universidade Federal do Pará.

Fragmentos provenientes dos sítios dos municípios de Juruti (TPA-1 e TPA-2) e Bragança (Jabuti) foram submetidos a análises químicas totais que cobriram os elementos maiores e menores. Para tanto, as amostras foram fundidas com tetraborato e/ou metaborato de lítio, depois solubilizadas e as concentrações dos elementos mencionados determinadas por ICP-OES e ICP-MS, junto à Acme Analytical Laboratories. As amostras dos sítios de Ourilândia, Canã dos Carajás e Barcarena foram submetidas a análises químicas parciais para a determinação das concentrações de Al_2O_3 , Fe_2O_3 , MgO , CaO , K_2O , Na_2O , TiO_2 e P_2O_5 , bem como dos elementos manganês, vanádio, cromo, níquel, cobre, zinco, estrôncio, ítrio, zircônio, lítio, chumbo e lantânio. As amostras foram inicialmente digeridas em meio multiácido (ácido fluorídrico, nítrico, clorídrico e gotas de perclórico) e então analisadas por ICP-OES junto aos laboratórios da Lakefield Geosol Ltda.

Para determinação das fases mineralógicas presentes nas amostras, os fragmentos cerâmicos foram previamente pulverizados e submetidos à difração de raios X, segundo o método do pó, com utilização do difratômetro XPERT PRO MPD equipado com goniômetro PW 3040/60 (theta-theta) PANalitical, com tubo de raio-x cerâmico de anodo de cobre ($\lambda_{CuK\alpha 1} = 1,54060 \text{ \AA}$) e condições de operação de 40 kV e 30mA. Os dados obtidos foram interpretados com auxílio do banco de dados ICDD e o software X'pert HighScore versão 2.1b, também da PANalitical. Estes procedimentos foram realizados no laboratório de difração de raios X do grupo de Mineralogia e Geoquímica Aplicada do Instituto de Geociências da UFPA. As determinações mineralógicas na cerâmica foram complementadas por análises em microscópio eletrônico de varredura, acoplado com

de dispersão de energia (MEV-EDS), o que permitiu capturar imagens e realizar determinações químicas micropontuais. As amostras foram secas a 50°C durante 4 horas, assentadas sobre plataformas de alumínio com uma fita adesiva de carbono dupla face e metalizadas com ouro. O detector de retroespalhamento eletrônico permitiu elaborar mapas de distribuição das concentrações químicas. O equipamento utilizado foi o microscópio modelo LEO 1450 VP 500 DP e o detector de SED Gresham, utilizando software IXRF. Estes procedimentos analíticos foram executados no laboratório de Microscopia Eletrônica do Museu Paraense Emílio Goeldi.

As amostras de cerâmica foram ainda submetidas à Microscopia Óptica agregadas com resina Araldite da série 750 e endurecedor da série HY951 para confecção de lâminas delgadas. O estudo das lâminas foi realizado com auxílio de microscópio Zeiss Axiolab 450910, com lentes de aumento de 10, 20, 50 e 100 vezes. Estes procedimentos foram conduzidos no Laboratório de Geologia Sedimentar do Instituto de Geociências da Universidade Federal do Pará.

Resultados e Discussão

Tecnologia

Em geral, os fragmentos se apresentam fragilizados, com superfície porosa, em parte desgastada e cor variando de cinza a ocre. Na cerâmica de Barcarena, uma matriz fina microporosa envolve micropartículas silicosas orgânicas calcinadas de cariapé (*Bignomiacea, Moquilea ou Licania utili*). Nos sítios de Juruti, as espículas de cauxi (*Tubella reticulata ou Parnula betesil*), reconhecidas como principal componente na produção cerâmica do Baixo Amazonas (HILBERT, 1955; SIMÕES, 1982) são encontradas em mais de 90% do material. Em Bragança, as conchas são o aditivo mais utilizado na cerâmica, por vezes associadas ao cariapé (RODRIGUES, 2010). Nas cerâmicas de Marabá, Canaã e Ourilândia predominam os antiplásticos minerais como óxido de ferro, quartzo e feldspato. A principal técnica de

confeção dos fragmentos que outrora compunham os recipientes foi o acordelado, indistintamente de sítio. A técnica da modelagem foi empregada especialmente nos sítios TPA-1 e TPA-2, envolvendo apêndices, adornos e outros motivos decorativos. Em geral, os fragmentos cerâmicos apresentam entalhes, ponteados, escovados e incisões finas. O pigmento vermelho foi o mais recorrente entre os sítios abordados, porém nos sítios TPA-1 e TPA-2 também foi encontrada uma quantidade significativa de fragmentos contendo pigmento laranja.

Mineralogia e química da cerâmica

Os fragmentos cerâmicos provenientes da região Amazônica, em geral são constituídos, em ordem decrescente de abundância, por quartzo, metacaulinita, illita, muscovita, microclíneo, albita, maghemita, hematita e anatásio (COSTA et al., 2004; RODRIGUES, 2010, SILVA, 2010 e COSTA, 2011). A metacaulinita correspondente à matriz argilosa é amorfa, origina-se normalmente da desidratação da caulinita durante a queima de fabricação e representa o principal mineral das argilas para uso cerâmico. Esses mesmos minerais constituem a argila “in natura” coletada nas fontes de matéria-prima no município de Juruti, empregada ainda hoje na produção das vasilhas (COSTA, 2011). As diferenças se dão pela ausência de metacaulinita na argila natural, que, no entanto, contém caulinita, fato que reforça a origem da metacaulinita a partir da caulinita. Vale dizer que a temperatura máxima de desidratação térmica da caulinita é de 550°C. Além disso, a ausência de vitrificação nos fragmentos, que ocorre a partir de 600°C, permite inferir que a temperatura de queima das vasilhas ocorreu entre 550 e 600°C (GOFFER, 2007).

As fases minerais da cerâmica dos sítios amazônicos, a exemplo dos sítios TPA-1, TPA-2 (Juruti), Jabuti (Bragança) e Ba-08 (Barcarena), são bastante similares entre si. As diferenças se dão pela ocorrência de clorita no Ba-08, fosfatos de alumínio/ferro nos sítios TPA-1 e TPA-2 e crandallita (fosfato de cálcio) no sítio Jabuti. Os contrastes mineralógicos certamente refletem alterações decorrentes de pro-

cessos geoquímicos pós-queima da cerâmica (COSTA, 2011; SILVA 2010; RODRIGUES, 2010) ou ainda, formaram-se por processos pedogenéticos, após o descarte no solo.

Além dos minerais identificados por DRX, incluindo os amorfos como a metacaulinita, análises químicas totais mostraram significativos teores de fósforo nos sítios TPA-1 e TPA-2 (12.733 ppm ou 1,27%, em média) e concentrações ainda mais elevadas no Jabuti, com teor máximo de 33.822 ppm de fósforo. Estes valores de fósforo sugerem a presença de fosfatos na cerâmica dos sítios TPA-1, TPA-2 e Jabuti, da mesma forma como nas cerâmicas de outras áreas com TPA da Amazônia (COSTA et al., 2003, 2004a, 2010; RODRIGUES, 2010; SILVA, 2010). Conforme descrevem esses autores são fosfatos de alumínio, alumínio-ferro, por vezes cálcio/estrôncio-alumínio, amorfos a microcristalinos, representados pelas fases minerais variscita, variscita-estregita e crandallita-goyazita (COSTA et al., 2004b, 2006, 2010; RODRIGUES, 2010). Por outro lado, as cerâmicas dos sítios Ma-10, Ba-08 e Ca-02 que não estão associadas aos solos TPA típicos apresentam conteúdos relativamente baixos de fósforo total, na ordem de 668 ppm, 153 ppm e 618 ppm, respectivamente, porém significativamente mais elevados que os teores encontrados nos solos dos respectivos sítios.

Análises semi-quantitativas realizadas por MEV/EDS deixa claro que esses fosfatos, quando presentes, se distribuem por toda a matriz argilosa de forma relativamente homogênea, assim como alumínio e ferro. Nessa mesma matriz argilosa as análises microquímicas mostraram alguns raros locais com teores elevados de fósforo e cálcio, compatíveis com apatita. A presença deste mineral foi confirmada como constituinte de minúsculas e raras partículas de ossos (figura 3). Resultados semelhantes foram também reportados por Lima et al., (2002) e Costa et al. (2004a) em cerâmicas de sítios com TPA na região do médio e baixo Amazonas. Esses relictos de ossos devem ter sido adicionados acidentalmente à massa argilosa durante a confecção dos artefatos, ou corresponder a impurezas das fontes de matéria-prima, visto que não constituem antiplástico rotineiro entre os fragmentos estudados.

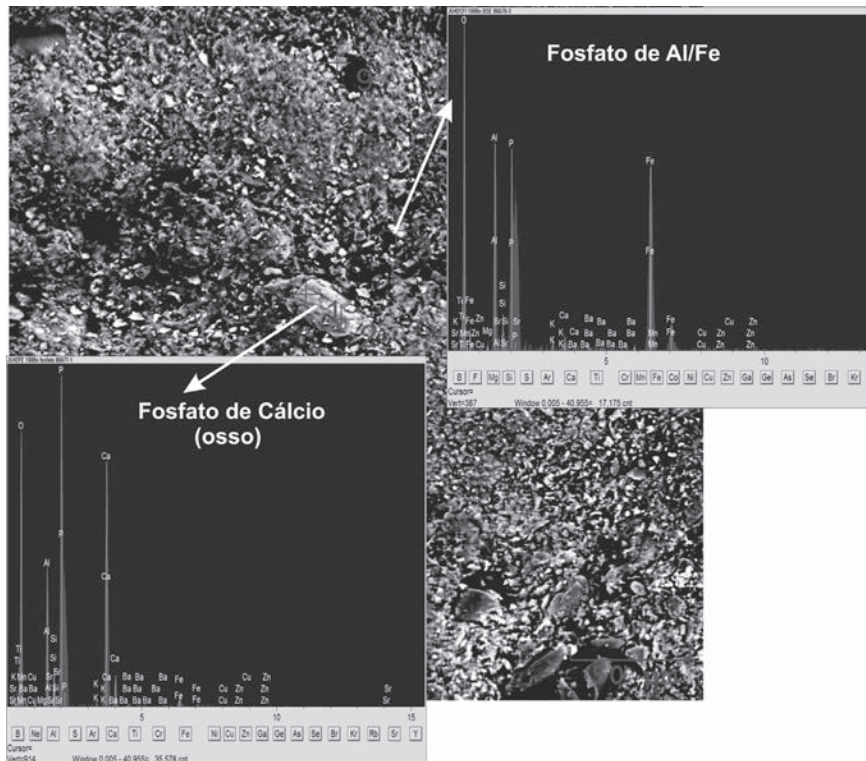


Figura 3: Microanálise em fragmentos cerâmicos com identificação de fosfatos de cálcio (osso) e fosfato de alumínio/ferro em matriz caulínica, Juruti-PA (COSTA, 2011).

A composição química dos fragmentos cerâmicos é constituída principalmente por silício, alumínio e ferro. Nos sítios Jabuti, TPA-1, TPA-2 e BA-08 os conteúdos médios de silício respondem por 62%, 42% e 58%, respectivamente (COSTA, 2011; RODRIGUES, 2010; SILVA, 2010). Por sua vez, as concentrações médias de ferro, alumínio e titânio pouco variam entre as diferentes áreas ou estilos culturais (figura 4). Os teores de silício e alumínio constituem basicamente os minerais metacaulinita e quartzo, além dos temperos silicosos, cauxi e cariapé, amplamente distribuídos na matriz argilosa. Já os teores de ferro, ligeiramente mais altos nos sítios Ou-01, Ma-10 e Ca-02 representam os óxidos de ferro, hematita e goethita. Os valores de titânio

pouco variam: as concentrações médias para TPA-1, TPA-2 e Ma-10 representam pouco mais 0,40% e correspondem ao mineral anatásio.

Estas similaridades químicas observadas na cerâmica também são encontradas nos solos TPA ou mesmo em relação aos solos de suas respectivas áreas adjacentes ao ponto de se constatar que elementos como silício, alumínio, ferro e titânio compõem a assinatura de solos e sedimentos formados a partir de perfis lateríticos (KERN, 1996; COSTA; KERN, 1999). Por outro lado, os teores de cálcio e magnésio, assim como os de fósforo, seguem com elevadas concentrações nos sítios TPA-1, TPA-2 e Jabuti, principalmente, contrastando com teores intermediários dos fragmentos cerâmicos dos sítios Ou-01, Ma-10 e Ca-02. Os conteúdos mais baixos foram encontrados nos fragmentos do Ba-08 (figura 5). Segundo Rodrigues (2010), os teores elevados de cálcio na cerâmica do sítio Jabuti correspondem ao mineral fosfático crandallita, resultante da abundância de conchas na matriz argilosa.

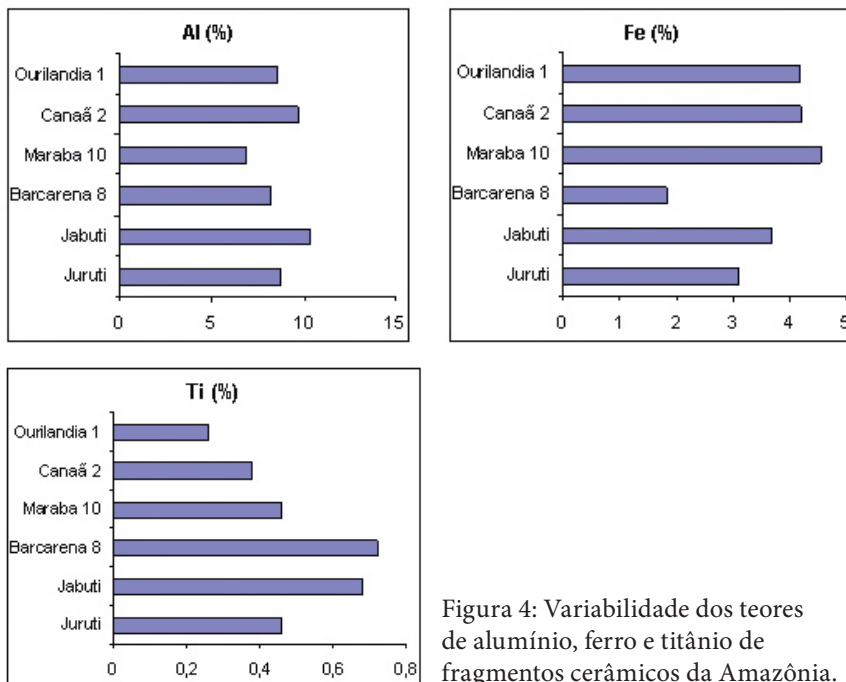


Figura 4: Variabilidade dos teores de alumínio, ferro e titânio de fragmentos cerâmicos da Amazônia.

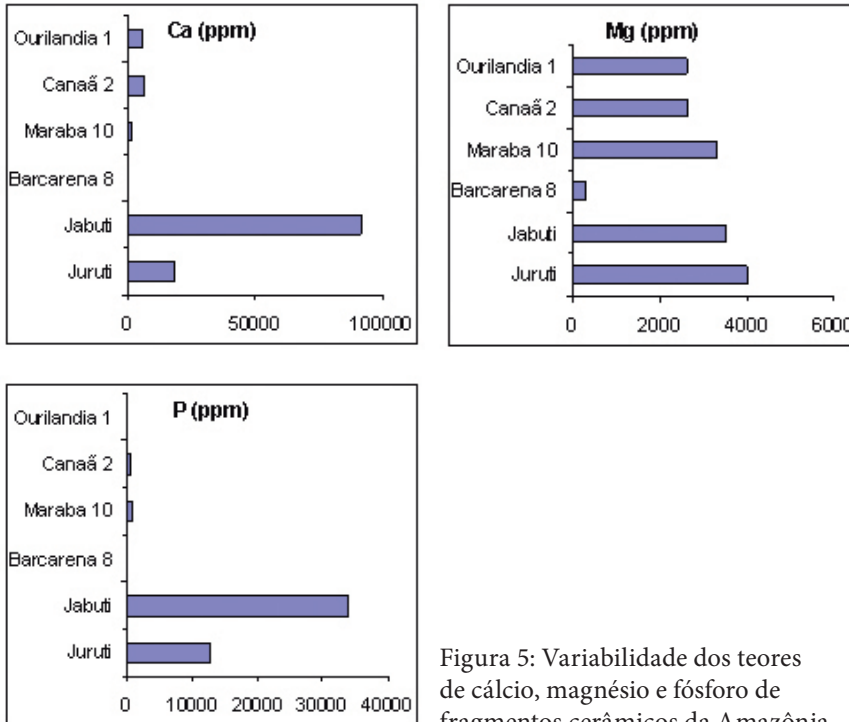


Figura 5: Variabilidade dos teores de cálcio, magnésio e fósforo de fragmentos cerâmicos da Amazônia.

Elevados teores de manganês, cobre e zinco são encontrados frequentemente em TPAs, acompanhando os elevados teores de cálcio, magnésio e fósforo, que estão associados à ocupação humana antiga. Nos fragmentos de cerâmica esses micro elementos apresentaram poucas variações entre sítios com e sem TPA. Valores de manganês ligeiramente mais elevados foram detectados no Ou-01 (em média 360 ppm) e do cobre no Ma-10 (em média 45 ppm), sítios sem TPA. Apenas o zinco apresentou teores mais elevados em sítios com TPA, como no Jabuti (136 ppm).

Com relação à pigmentação, em estudos de proveniência de materiais usados na produção de tintas aplicadas às cerâmicas, comumente afirma-se que a coloração vermelha e amarela é proveniente de minerais como a hematita (Fe_2O_3) e a goethita (FeOOH), respectivamente. Para Shepard (1956) e Rye (1981), as variações de

tonalidades das pinturas se devem às diferentes concentrações do óxido de ferro. Clark e Curri (1998), empregando técnicas de difração de raios-X e microscopia Raman, também associaram as cores vermelha e amarela aos compostos de óxido de ferro, mas sem realizar estudos de composição química. La Fuente et al. (2005), através de estudos de caracterização químico-mineralógica concluíram que hematita é a fonte de matéria-prima não só de pinturas vermelhas, mas também de pigmentação roxa e púrpura, enquanto que goethita e magnetita são fontes das cores amarela e preta, respectivamente. Paternoster et al. (2005) também identificaram por micro-fluorescência de raios-X e micro-Raman a presença de hematita e de calcita em pigmentos avermelhados de fragmentos provenientes de sítios arqueológicos de Roma e Nápoli. Já Mazzochin et al. (2004), que aplicaram as técnicas de difração de raios-X, MEV-EDS, microscopia óptica, espectroscopia de ressonância paramagnética, infravermelho e Raman aos estudos de caracterização de cerâmicas medievais do Sul da Itália, reportaram a presença de sulfeto de mercúrio (cinnabar) nos pigmentos de cor vermelho brilhante e óxido de ferro amorfo (limonita) na cor amarela. Wiedemann et al. (2002) realizaram um estudo minucioso de pigmentos egípcios por microscopia Raman e análise termal (DTA). Os resultados revelaram a presença de carbonato de cálcio e magnésio (huntita) e de sulfato de zinco, magnésio, manganês e ferro (zincobotriogeno) nos pigmentos de coloração vermelha, fases inorgânicas que provavelmente não seriam identificadas caso não fossem utilizadas as análises descritas.

No Brasil, há relatos de estudos de caracterização química realizados em pinturas de cerâmicas Tupiguarani. Os resultados atribuem às fases minerais de óxidos de ferro a fonte principal de pigmentação nos artefatos arqueológicos (SOUZA, 2010; GODOY, 1946; APPOLONI et al., 1997 e 1999). A figura 6 apresenta os resultados preliminares de caracterização química de pigmentos de coloração avermelhada presente em fragmentos cerâmicos de sítios arqueológicos localizados nos municípios de Juruti e Barcarena, no estado do Pará.

Nas amostras provenientes de Juruti, a película de coloração vermelha mostrou elevados valores de ferro (próximo a 50%) na maioria das amostras analisadas, enquanto que na pasta os valores variaram de 1 a 3% (figura 6a). Já nas amostras de fragmentos provenientes de Barcarena foram observados teores muito baixos de ferro. Os valores não ultrapassaram a porcentagem de 7% na película e 14,5 % na pasta (Figura 6b). Nas amostras 2944, 2635, 2081, 2911 e 2922 verificou-se um teor mais alto de ferro na pasta do que na película.

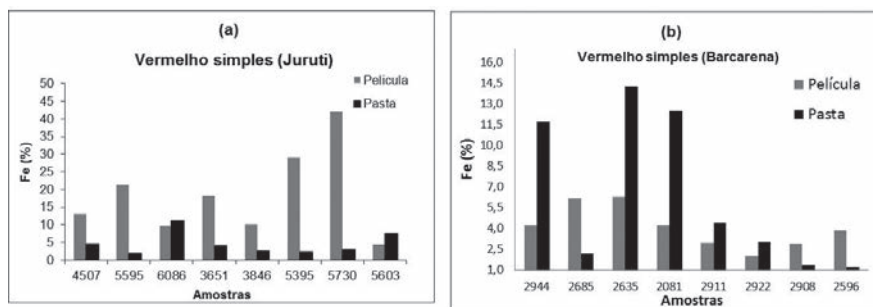


Figura 6: Teores de Fe obtidos por MEV-EDS na pintura vermelha de Juruti (a) e Barcarena (b).

Conforme os resultados apresentados anteriormente, foi constatada uma possível origem mineral dos pigmentos vermelhos utilizados nas cerâmicas de Juruti, provavelmente de óxido de ferro. Diferentemente, os baixos valores de ferro na película vermelha da cerâmica de Barcarena podem ser um indicativo de outro tipo de fonte, possivelmente orgânica, pois há relatos de cronistas e viajantes dos séculos XVI e XIX sobre a utilização de matéria orgânica na fabricação dos pigmentos. Spix e Martius (1981) apontaram a utilização de argila vermelha misturada com óleo, urucum ou jenipapo nas tintas usadas em potes de cerâmica de grupos indígenas de Minas Gerais, além do uso de resinas e ceras. La Salvia e Brochado (1989) citaram a utilização do óleo de andiroba, entre grupos tupi, como solvente para o corante vermelho extraído de uma árvore da família das bignoniáceas. Embora haja fortes evidências de fontes or-

gênicas na coloração avermelhada de Barcarena e de fonte mineral em Juruti, há necessidade de uma caracterização mais detalhada das amostras estudadas com a utilização de um conjunto de ferramentas analíticas, tais como micro-fluorescência de raios-X para confirmação da composição química, micro-difração de raios-X, microscopia Raman e espectroscopia de infravermelho para a identificação de sólidos inorgânicos, cromatografia gasosa e espectrometria de massa para as fases orgânicas.

REFERÊNCIAS

- AITKEN, M. J. *Physics and Archaeology*. Oxford: Clarendon Press, 1974.
- ALVES, J. J. A.; LOURENÇO, J. S. Métodos Geofísicos Aplicados a Arqueologia no Estado do Pará. *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi, Série Geologia*, 1981.
- APPOLONI, C. R. et al. Study of Tupi-Guarani (sic) archaeological ceramics. Radiation Physics and Chemistry. In: International conference on non-destructive testing and microanalysis for the diagnostics and conservation of the cultural and environmental heritage. Roma, v. 2, p. 1327-1341. 1999.
- APPOLONI, C. R. et al. Estudo de cerâmica arqueológica do Paraná por técnicas nucleares não destrutivas. *Revista do Museu de Arqueologia e Etnologia*, v. 2, p. 135-149, 1997.
- BRAUN, D. P. Pots as Tools. In: MOORE, A. J.; KEENE, A. S. *Archaeological Hammers and Theories*. New York: Academic Press, 1983.
- CACKETTE, J. M.; D'AURIA, J. M.; SNOW, B. F. Examining earthenware vessel function by elemental phosphorous content. *Current Anthropology*, v. 28, p. 121-27, 1987.
- CLARK, R. J. H., CURRI, M. L. The identification by Raman microscopy and X-ray diffraction of iron-pigments and of the red pigments found on Italian pottery fragments. *Journal of Molecular Structure*, v. 440, p. 105-111, 1998.
- COLOMBINI, M. P. F. *Modugno, Organic Mass Spectrometry in Art and Archaeology*. New York: John Wiley & Sons Inc., 2009.
- COSTA, J.A. Mineralogia e geoquímica de terra preta arqueológica para identificação de padrão ocupacional pré-histórico no vale do baixo rio Amazonas (Juruti-PA). Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Pará, 2011.

COSTA, M. L. et al. A Mineralogia e química de fragmentos de cerâmica arqueológica em sítios de terra preta de índio, In: TEIXEIRA et al. (Ed.) *As terras pretas de índio da Amazônia: sua caracterização e uso deste conhecimento na criação de novas áreas*. Manaus: Embrapa Amazônia Ocidental, 2010, p. 226-242.

COSTA, M. L.; KERN, D. C. Geoquímica Aplicada à arqueologia (Arqueogequímica da Amazônia). *Simpósio de Geologia da Amazônia*, V. Belém, SBG, p. 261-263, 1994.

COSTA, M. L.; KERN, D. C. Geochemical signatures of tropical soils with archaeological black earth in the Amazon, Brazil. *Journal of Geochemical Exploration*, v. 66, p. 369-385, 1999.

COSTA, M. L.; KERN, D. C.; KAMPF, N. Pedogeochemical and Mineralogical Analyses of Amazonian Dark Earths. *Amazonian Dark Earths: Origin, Properties, Management*. 1ª ed. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, v. 1, p. 333-352. 2003.

COSTA, M. L. et al. The ceramic artifacts in archaeological black earth (Terra Preta) from lower Amazon region, Brazil: Mineralogy. *Acta Amazonica*, Manaus-AM, v. 34, n. 2, p. 165-178, 2004a.

COSTA, M. L. et al. The ceramic artifacts in Archaeological black earth (Terra Preta) from Lower Amazon Region, Brazil: chemistry and geochemical evolution. *Acta Amazonica*, Manaus-AM, v. 34, n. 3, p. 375-386, 2004b.

COSTA, M. L. et al. Origin of the phosphates in the ceramic artifacts from archaeological dark earth in the Lower Amazon Region. In: RIOS, G. M.; CAMARGO, S. M., CALVO, C. F. Instituto de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Colombia. (Org.). *Pueblos y paisajes antiguos en la selva tropical*. Bogota: Universidad Nacional de Colombia, v. único, 2006, p. 311-323.

DUMA, G. Phosphate content of ancient pots as indication of use. *Current Anthropology*, v. 13, p. 127-130, 1972.

DUNNEL, R. C.; HUNT, T.L. Elemental Composition and inference of ceramic vessel function. *Current Anthropology*, v. 31, p. 330-336, 1990.

DEETZ, J.; DETHLEFSEN, E. soils pH as a tool in archaeological site interpretation. *American Antiquity*, Washington, v. 29, p. 242-43, 1963.

FABBRI B.; MALDERA R.; MORANDI N. *Composizione chimica di argille e reperti ceramici da Castelli, Deruta e Faenza. Atti del convegno «Castelli e la maiolica cinquecentesca italiana»*, Pescara, Edição: Umberto Sala, Pescara, v. 22, n. 25, p. 102-114, 1989.

GOFFER, Z. *Archaeological Chemistry*. New York: John Wiley & Sons Inc., 2007.

GODOY, M. P. de. Análises químicas das tintas usadas na cerâmica pelos extintos

indígenas da Cachoeira de Emas, Rio Mogi Guassu. *Revista do Instituto Histórico e Geográfico do Rio Grande do Sul*. Porto Alegre, II Trimestre, p. 241-246, 1946.

GOODALL, R. A. *Spectroscopy Studies of Maya Pigments*. Tese (Doutorado) - Universidade Tecnológica de Queensland, Queensland, 2007.

GRIFFITH, M.A. A pedological investigation of an archaeological site in Ontário, Canadá: use of chemical data to discriminate features of the Benson site. *Geoderma*, v. 25, p. 27-34, 1980.

HILBERT, P. P. A cerâmica arqueológica da região de Oriximiná. Belém, Instituto de Antropologia e Etnologia do Pará. 1955, 76p.

KERN D. C. *Caracterização Pedológica de Solos com Terra Preta Arqueológica na Região de Oriximiná, Pará*. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Agronomia, UFRGS, Porto Alegre, 1988.

KERN, D. C. *Geoquímica e pedogeoquímica de sítios arqueológicos com Terra Preta na Floresta Nacional de Caxiuanã (Portel-Pará)*. Tese (Doutorado em Geoquímica) - Curso de pós-graduação em Petrologia e Geoquímica, UFPa, Belém, 1996.

KERN, D. C.; KAMPF, N. Efeitos de antigos assentamentos indígenas na formação de solos com Terra preta Arqueológica na região de Oriximiná-PA. *R. Bras. Ci. Solo*, n. 13, p. 219-225, 1989.

KING, F. B. *Analysis of prehistoric corn. Ethnobiology Conference*. Gainesville-FL, 1987.

LA FUENTE, G. A. et al. Petrología cerámica comparativa y análisis composicional de las pinturas por MEB-EDS de estilo Aguada Portezuelo (cálcio. 600-900 DC) en el valle de Catamarca (Noroeste Argentino). *Estudios Atacameños*, n. 30, p. 61-78, 2005.

LA SALVIA, F.; BROCHADO, J. P. *Cerâmica Guarani*. Porto Alegre: Posenato Arte e Cultura, 1989, 175p.

LIMA, H. N. et al. Pedogenesis and pre-colombian land use of "Terra Preta Anthrosols" (Indian black earth) of western Amazonia. *Geoderma*. V. 1-17, p. 110:1-17, 2002.

MALAINÉY, M. E. X-Ray and Particle Emission Techniques. *Manuals in Archaeological Method, Theory and Technique*. p. 477-491, 2011.

MANIATIS, Y., TITE, M.S., Technological Examination of Neolithic – Bronze Age Pottery from Central and Southeast Europe and from the Near East. *Journal of Archaeological Science*, p. 59-76, 1981.

MAZZOCHIN, G. A, AGNOLI, F., SALVADORI, M. Analysis of Roman age wall paintings found in Pordenone, Trieste and Montegrotto. *Talanta*, v. 64, p. 732-741, 2004.

PATERNOSTER, G. et al. Study on the technique of the Roman age mural paintings by micro-XRF with Polycapillary Conic Collimator and micro-Raman analyses. *Journal of Culture Heritage*, v. 6, p. 21-28, 2005.

PEREIRA, E.; KERN, D. C.; VERÍSSIMO, C. U. V. Nota sobre o salvamento arqueológico do Sítio AP-MA-3: Pacoval – Macapá (AP). *Revista do Centro de Estudos e Pesquisas Arqueológicas*, v. 5, p. 55-67, 1986.

PLOG, S. *Stylistic Variation in Prehistoric Ceramics: design analyses in the American southwest*. Cambridge: Cambridge University Press, 1980.

RAPP, G. Jr.; HILL, C. L. *Geoarchaeology: the earth-science approach to archaeological interpretation*. Connecticut: Yale University Press, 1998.

REGERT, M. et al. Structural characterization of lipid constituents from natural substances preserved in archaeological environments. *IOP Science Journal*, v. 14, n. 9, 2003.

RODRIGUES, S. F. S. et al. Identificação e caracterização dos fosfatos de fragmentos cerâmicos do sítio Jabuti, Bragança-PA. *Workshop terra preta arqueológica (tpa/tpn) - Resumos*, Belém-MPEG/UFPA, v. 1, p. 115-120, 2010.

RYE, O. S. *Pottery Technology: principles and reconstruction*. Washington: Taraxacum, 1981.

SHEPARD, A. O. *Ceramics for the Archaeologist*. Washington: Carnegie Institution of Washington, 1954.

SCHIFFER, M. B. A Research Design for Ceramic Use-Wear Analysis at Grasshopper Pueblo. In: BRONITSKY, G. *Pottery Technology: Ideas and Approaches*. Colorado: Westview Press, p. 183-205, 1989.

SILVA, F. et al. *Characterization of organic residues in prehistoric potteries – The contributions of the Materials Science for Archaeology, IX Brazilian MRS Meeting*. Ouro Preto: 2010.

SILVA, G. S. *Mineralogia, química e avaliação da fertilidade potencial de fragmentos cerâmicos de sítio de terra preta: Caxiuanã, Juruti, Barcarena e Quebrada Tacana*. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Pará, 2010.

SILVA, F. Characterization of Maize and Manioc Residues in Prehistoric Potteries: The Contributions of GC and NIR Spectroscopy to Archaeological. *39th International Symposium on Archaeometry*, Leuven, 2012.

SILVEIRA, M. I. et al. O sítio Jabuti, em Bragança, Pará, no cenário arqueológico do litoral amazônico. *Bol. Mus. Para. Emílio Goeldi. Ciências humanas*, v. 6, n. 2, Belém, May/Aug. 2011.

SIMÕES, M. F. A Pré-História da Bacia Amazônica: Uma tentativa de reconstitui-

ção. *Cultura Indígena, textos e catálogo*. Semana do Índio, Museu Goeldi, Belém, 5-21. 1982.

SJOBERG, A. Phosphate Analysis of Antropic Soil. *Journal of field Archaeology*, v. 3, p. 448-454. 1976.

SKIBO, J. M. *Pottery Function: a use-alteration perspective*. New York: Plenum Press. 1992.

SOKOLOFF, V. P.; CARTER, G. F. Time and trace metals in archaeological sites. *Science* v. 116, p. 1-5. 1952.

SOUZA, L. A.; JÁCOME, C.; ROCHA, S. O. G. da. Materiais pictóricos em cerâmicas Tupiguarani de Minas Gerais. In: PROUS, A.; LIMA, T. A. (Org.). *Os ceramistas Tupiguarani: elementos decorativos. Os ceramistas Tupiguarani: elementos decorativos*. Belo Horizonte: Superintendencia do IPHAN-MG, v. 3, 2010, p. 223-240.

SPIX, J. B. von, MARTIUS, K. F. P. von. *Viagem pelo Brasil: 1817-1820*. Belo Horizonte, São Paulo: Editora Itatiaia, USP, 1981.

WIEDEMANN, H. G. et al. Pigments of the bust of Nefertete compared with those of the Karnak Talatats. *Thermochimica Acta*, v. 382, p. 239-247, 2002.

VAN DER VERWE, N.; STEIN, P. H. Soil chemistry of postmolds and rodent burrows: identification without excavation. *American Antiquity*, v. 37, p. 245-254, 1972.

CAPÍTULO VI

Um olhar além rio: ocupações pretéritas entre ilhas e cachoeiras no Alto Rio Madeira-RO

Michelle Mayumi Tizuka¹

Juliana Rossato Santi²

Renato Kipnis³

Localizado na porção noroeste de Rondônia, sudoeste do Cráton Amazônico, o rio Madeira é o quarto maior rio do mundo em vazão (LATRUBESSE et al. 2005) e membro do grupo hidro-geomorfológico dos nove mega-rios “*anabranching*” do mundo (LATRUBESSE, 2008), com um curso de mais de 3.000 km. O rio Madeira é ainda o principal afluente do rio Amazonas, contribuindo com 17% de carga líquida e 45% de carga sólida transportada (FILIZOLA; GUYOT, 2011).

Os depósitos associados são essencialmente compostos de sedimentos aluviais recentes e terraços quaternários entre Porto Velho e Abunã, região conhecida como Alto Rio Madeira (Figura 1), a menos de 100m sobre o nível do mar. Neste trecho, o rio encontra-se num vale encaixado, marcado por níveis de base locais formando numerosas corredeiras e cachoeiras em consequência de afloramentos rochosos (“pedrais”). Das dezenas de corredeiras (GOULDING et al. 2003), três possuem queda mais acentuada e altos valores de velocidade da água: Jirau, Teotônio e Santo Antônio (Figuras 2 e 3).

1 Mestranda, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro – Brasil. Laboratório de Arqueologia dos Trópicos. E-mail: <mmtizuka@gmail.com>.

2 Colaboradora da Empresa Scientia Consultoria Científica, São Paulo – Brasil. Departamento de Arqueologia da Universidade Federal de Rondônia. E-mail: <julianarsanti@gmail.com>.

3 Scientia Consultoria Científica, São Paulo – Brasil. CNPq - Pesquisador 2D. E-mail: <rkipnis@scientiaconsultoria.com.br>.

Este “rio de águas brancas” (MORAIS, 2008), de várzea tropical e aspecto barrento sempre atraiu populações humanas que para suas margens migraram.

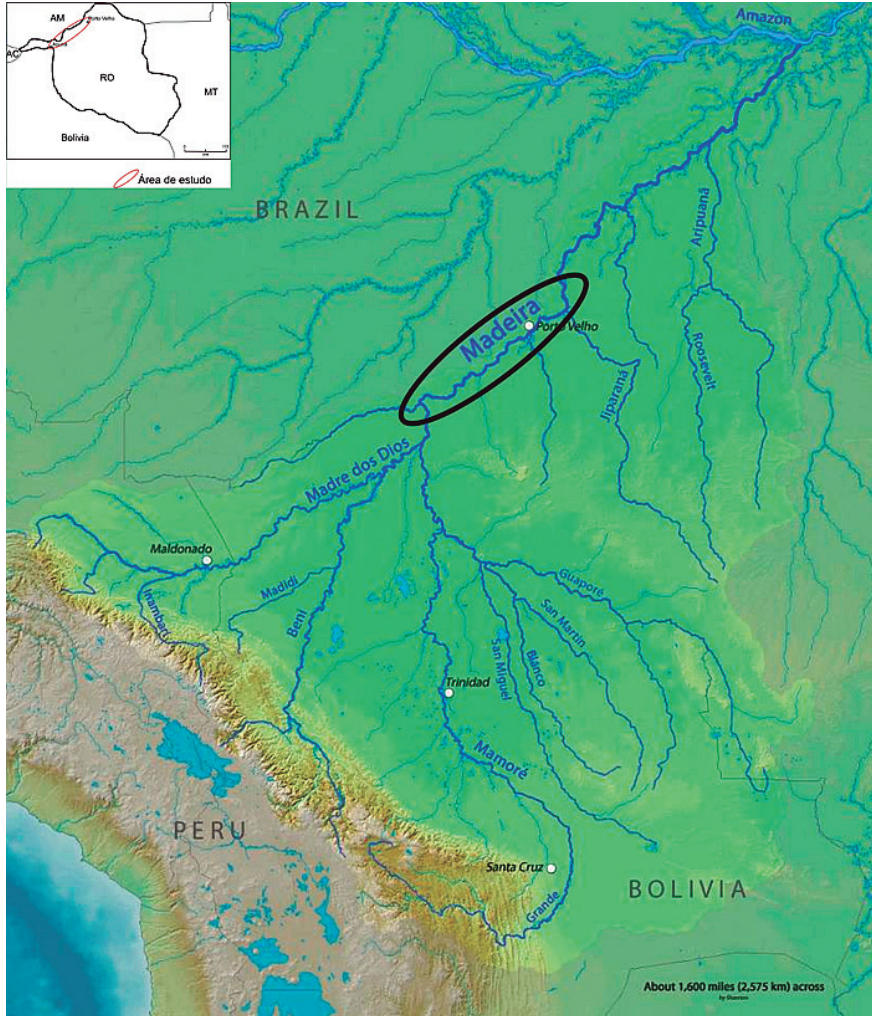


Figura 1. Rio Madeira e localização da área de estudo (Alto Rio Madeira).

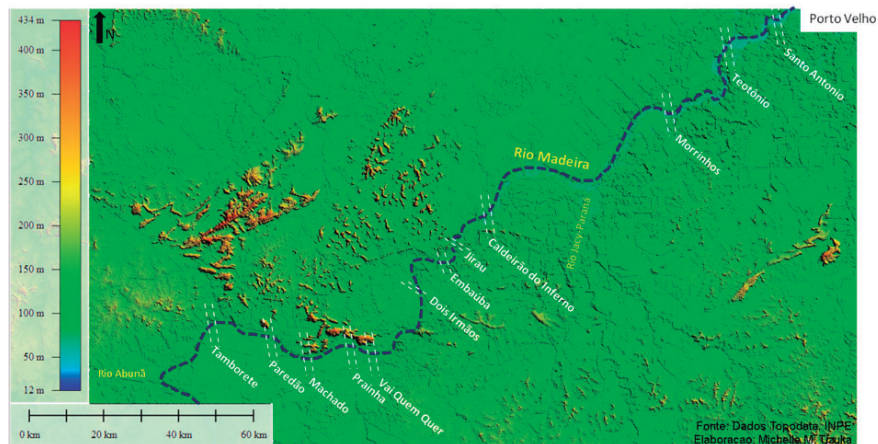


Figura 2. Localização das cachoeiras no Alto Rio Madeira em mapa de altitude em relação ao nível do mar (escala a esquerda). Fonte: Goulding et al. (2003).



Figura 3. Cachoeiras de Teotônio, intranponível a navegação em qualquer época do ano.

A região do Alto Rio Madeira é crucial para o entendimento do padrão de assentamento das populações pretéritas na Amazônia

com indícios de ocupações antigas, que datam do início do Holoceno e incluem o que parecem ser os sítios mais antigos de terras pretas em toda a Amazônia, que apontam para uma longa sequência ininterrupta de ocupação (MILLER 1992, KIPNIS 2011). Na Amazônia a geoarqueologia necessita mais do que em outras regiões da inclusão de dados *proxies* da geomorfologia, estratigrafia fluvial e paleohidrologia. As planícies de inundação são paisagens dinâmicas que exibem uma variedade de ambientes sedimentares locais e processos (BROWN, 1997) que mudam ao longo do tempo conforme evoluem. O entendimento da evolução das planícies aluviais é essencial para interpretar o registro arqueológico, e para se entender padrões de assentamento pretéritos, pois o estudo da localização dos sítios arqueológicos, dos locais onde não há registros arqueológicos e das estratigrafias dos sítios arqueológicos pode indicar condições pretéritas da paisagem regional que obliteraram antigos sítios (e.g., erosão), tornaram a probabilidade de identificação de sítios muito baixa (e.g., deposição) ou o contrário, preservaram tipos específicos de assentamentos, como antigos assentamentos em ilhas e próximos às cachoeiras (e.g., contexto geomorfológico mais estável). São poucas pesquisas geoarqueológicas realizadas nesta região, mas estas já indicam serem as cachoeiras importantes marcadores paisagísticos de assentamentos pré-coloniais de longa duração.

O RIO DE “ÁGUAS BRANCAS”

O rio Madeira possui uma extensão de aproximadamente 341 km desde sua nascente, na confluência dos rios Mamoré, Guaporé e Beni, até a cachoeira do Santo Antônio, distante cerca de 7 km de Porto Velho. Observa-se que os meses de maiores cheias são março/abril, e os de maiores vazões são agosto/setembro.

Apresenta um padrão de múltiplos canais (*anabranching*) de baixa sinuosidade, com uma vazão média anual de 20,000 m³/s e com transporte de sedimentos de aproximadamente 460 Mt (LATRUBESSE, 2008) sendo, portanto, o maior tributário do rio Amazonas.

Pode-se considerar que o rio Madeira é um típico rio de águas brancas da Bacia Amazônica transportando alta taxa de sedimentos finos em suspensão (areias finas bem selecionadas), com um leito fluvial ondulado e ondulações superimpostas. Ocorrem diversos tipos de cordões/barras (*bars*), classificadas em *point bar*, *lateral bar* e *mid channel bar*.

O desnível total entre Abunã e Porto Velho é de cerca de 40m, porém nota-se uma variação entre as profundidades próximas às margens com cotas de talvegue entre 5m e 62m, representando uma amplitude alta. No geral, as profundidades próximas à margem esquerda são um pouco maiores que as próximas à margem direita.

As anomalias podem ser atribuídas a fatores como a confluência de tributários, variações na resistência à erosão do substrato rochoso, erosão remontante por mudança brusca em nível de base a jusante ou ainda deformações neotectônicas locais.

Ao longo do rio, são identificadas rochas pertencentes desde Unidades Paleoproterozóicas (embasamento cristalino que engloba o Complexo Jamari) em forma de lajeados, por vezes com o relevo topograficamente arrasado como no caso do alto curso do rio Jacu-Paraná, até coberturas sedimentares Cenozóicas. Essas coberturas reúnem depósitos Terciários e Quaternários, cuja morfogênese é controlada por fatores litológicos, climáticos e tectônicos (SCANDOLARA; FUCK, 2001) que condicionam a paisagem geral. São descritas ainda coberturas sedimentares indiferenciadas, lateritos imaturos e diversos terraços fluviais pleistocênicos (HAYAKAWA, 2011).

O padrão de sedimentação fluvial holocênico do Sistema Fluvial Guaporé-Mamoré-Alto Madeira é caracterizado por depósitos de acreção lateral e de carga de fundo, que incluem barras em pontal, barras de meio de canal e depósitos de carga de fundo. Associado ao ambiente fluvial ocorre o ambiente lacustre, representado por lagos residuais formados pela migração das cristas de acreção lateral das barras, além de lagos represados.

Latrubesse (2003) afirma que os rios, durante o Pleistoceno Tardio, seriam morfogeneticamente mais ativos, movimentando mais

sedimentos grosseiros do que hoje e agradacionando o sistema fluvial, que indica uma maior variabilidade de descarga e energia de inundações que no presente. No início e médio Holoceno, as planícies do norte Inferior e Médio, as planícies do norte da América do Sul seriam secas, com a sugestão de um clima mais seco que o do presente para a bacia Amazônica durante o Hipsitermal (7,000-4,500 yr BP) (MARTIN et al., 1993) que poderia ser associado com um decréscimo progressivo de precipitação (LATRUBESSE, 2003). Iriondo e Latrubesse (1994) afirmam que nos estados de Rondônia e Acre, o registro palinológico, os fósseis de mamíferos e o registro paleohidrológico demonstram a ocorrência de um ambiente de savana durante o Pleniglacial Superior, com estação seca que foi mais pronunciada e prolongada que no presente.

As planícies de inundação apresentam uma largura geralmente em torno de 0,70km, sendo no ponto mais estreito localizado a jusante da Cachoeira de Jirau (Figura 2) a largura com 0,38km. A jusante da Cachoeira do Caldeirão do Inferno (Figura 2) a largura do canal aumenta um pouco, sendo suas médias em torno de 0,80km, atingindo máximos de 1,92 km, a jusante da Cachoeira do Teotônio (Figura 2). Neste local, observa-se uma das mais largas planícies atuais, bem definida, com aproximadamente 1km de largura e 1,60km de comprimento (Figura 4).

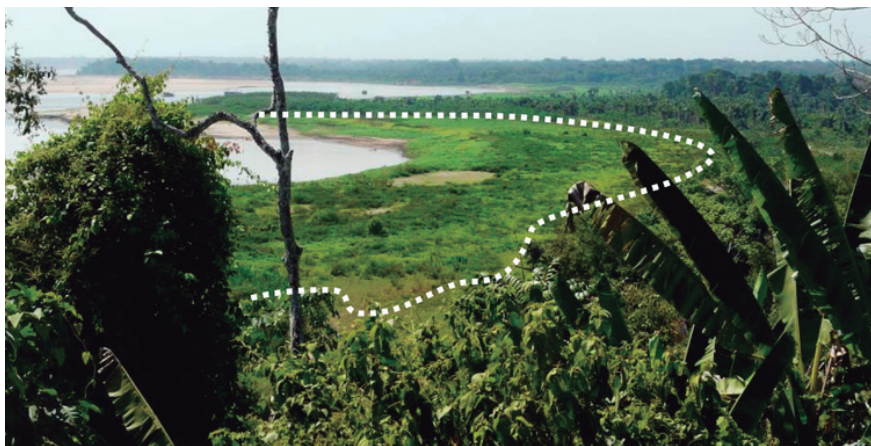


Figura 4. Planície de inundação atual a jusante da Cachoeira do Teotônio.

Em uma primeira análise, verifica-se que as planícies são delimitadas por falhamentos, apresentam geralmente coloração cinza escura para as areias finas, com uma textura plástica tipo argilosas, e marrom avermelhado nos depósitos de canal/barra. Óxidos de ferro e matéria orgânica frequentemente impregnam os sedimentos com folhas e troncos erodidos das margens, sendo notável a presença de areias ferruginizadas de coloração avermelhada a preta, sob a forma de lentes irregulares ao longo dos perfis.

Principalmente na margem direita, há diversos locais onde se percebe re-deposição e/ou erosão por sedimentos atuais decorrentes de variações anuais do nível d'água.

Ainda são escassos dados palinológicos que permitem datações precisas em termos bioestratigráficos devido à ausência de marcadores temporais inequívocos e à baixa frequência de palinórfos na área de estudo (FURNAS, 2005). De acordo com estudos realizados, a dominância de elementos florestais e a subordinação das gramíneas permitem sugerir que os depósitos sedimentares devem ser mais antigos que 20.000 anos, e que elementos florestais voltaram a ser importantes na composição palinológica somente depois do Holoceno inferior, com o restabelecimento de condições úmidas e quentes. Estudos recentes realizados na região de Porto Velho e Humaitá indicam padrões vegetacionais e paleomorfologias representativos de sistemas deposicionais que predatam o desenvolvimento do sistema fluvial do rio Madeira atual (HAYAKAWA et al. 2010).

A PESQUISA GEOARQUEOLÓGICA NO ALTO RIO MADEIRA

Na Amazônia, a geoarqueologia necessita, mais que em outras regiões, da inclusão de dados da geomorfologia, estratigrafia fluvial e paleoidrologia. Goldberg e Mackphail (2006) citam a importância do solo nas pesquisas de geoarqueologia fluvial, pois promove uma janela no entendimento das relações entre sedimentação, pedogênese e processo de formação de sítio arqueológico. Além disso, o estudo

da estratigrafia do sítio arqueológico pode indicar condições pretéritas da paisagem regional e climática. Estudos de Lathrap (1968) e Brown (1997) corroboram que as evidências geológicas e arqueológicas tendem a fortalecer umas às outras, e mesmo uma estimativa básica de ordem geral de magnitude dos eventos geomorfológicos são essenciais para se checar a plausibilidade da cronologia cultural (LATHRAP, 1968).

As abordagens geoarqueológicas mais frequentes nos sítios da região Amazônica têm dado especial atenção à formação de solos antrópicos, conhecidos por designações como *terra preta* (TP), *terra preta de índio* (TPI), *terra preta antropogênica ou arqueológica* (TPA), além da variante *terra mulata* (TM) (KAMPF; KERN, 2005). Estes solos por vezes podem apresentar mais de dois metros de espessura, com alto conteúdo orgânico induzido pela ação antrópica e restos arqueológicos, associado a um período longo de ocupação.

Miller (1992) sugere que para o Alto Rio Madeira, os eventos de sedentarismo nestes sítios estão relacionados à presença de concentrações de recursos aquáticos. Essa hipótese vem sendo testada para a presença de sítios em áreas de cachoeiras.

De acordo com Sioli (1984; apud Kern et al. 2003), “sítios arqueológicos estão presentes em todos os tipos de ecossistemas e paisagens da Amazônia, mas um grande número situa-se em áreas de várzeas e terraços fluviais”. Na região do Alto Rio Madeira, sítios em terraços, planícies e ilhas são frequentemente encontrados associados à presença de terras pretas (TIZUKA, 2010). Nesses sítios são identificados alta densidade de cultura material, com presença de estruturas monticulares (OLIVEIRA et al. 2009) e, por vezes, associados a afloramentos rochosos com presença de grafismos rupestres e/ou feições de polimento (SCIENTIA, 2011). Muitos desses sítios já haviam sido identificados em pesquisas anteriores por Miller (1978), demonstrando o alto potencial arqueológico para a região.

Na Bacia do Alto Madeira ocorre a fase Massangana, com datas entre 4.780 ± 90 e 2.640 ± 60 anos AP. Miller (1992), no entanto, indica que seu início transicional seria um pouco anterior, por volta

de 5.000 anos AP., em pleno Ótimo Climático, quando teria início a prática de uma agricultura incipiente, mas suficiente para dar origem à evolução de bandos para tribos de acampamentos nômades para aldeamentos semi-sedentários, segundo as interpretações de Miller (1992) sobre as terras pretas antropogênicas desta fase.

Mesmo na Amazônia Central, apesar de evidências claras de ocupação humana no início do Holoceno, e por pesquisas ao longo de quase 20 anos com extensos levantamentos, há uma imensa lacuna de alguns milhares de anos entre essas ocupações iniciais e ocupações posteriores (NEVES; PETERSEN 2006). As evidências atuais apontam para a ocorrência de variações climáticas e ecológicas durante o Holoceno na Amazônia com eventos de aumento nas condições gerais de precipitação e umidade (PIPERNO, BECKER 1996; BEHLING et al. 1999; BEHLING, COSTA, 2000; BERRIO 2002; ROSSETTI et al. 2005).

Sob a ótica da Arqueologia, pesquisas da década de 80 feitas pelo arqueólogo Eurico Miller tornam-se referência sobre as fases e tradições culturais até os dias atuais, onde novas pesquisas acadêmicas (NEVES, 2005; ALMEIDA, 2010; ZUSE, 2011) ou no âmbito da Arqueologia Preventiva das UHEs Jirau e Santo Antônio estão em andamento desde 2008.

A verificação de hiatos ou discontinuidades na ocupação pré-colonial da Amazônia tem sido notada por diversos pesquisadores desde o Programa Nacional de Pesquisas Arqueológicas da Bacia Amazônica (PRONAPABA). Exemplos de pesquisas em diversas partes da Bacia Amazônica que procuraram correlacionar hiatos nas cronologias regionais a episódios de mudanças climáticas podem ser encontradas em Meggers et al. 1988, Miller et al. 1992. Ao contrário de Meggers, autores como Brochado (1984), Neves (1998), Heckenberger et al. (1999), Lathrap (1970), Oliver (2001), trabalharam com uma perspectiva que apontam haver um viés amostral do registro arqueológico.

Seja um viés amostral ou tendo de fato um hiato com interrupção na ocupação humana em partes da Amazônia, essa problemática

da não evidenciação de sítios durante o Holoceno Médio continua em aberto até os dias atuais. A questão da não evidência de sítios pode levar a um quadro enganoso da densidade de populações pretéritas principalmente quando se utiliza apenas a forma atual do rio para se concluir sobre o passado (LATHRAP, 1968). As planícies de inundação são paisagens dinâmicas que exibem variedade de ambientes sedimentares locais e processos (BROWN, 1997) que mudam ao longo do tempo conforme evoluem, alterando o registro arqueológico.

Com base nas discussões acima, a pesquisa atual em geoarqueologia da Amazônia apresenta ainda resultados limitados a processos intra-sítios de sítios localizados às margens de grandes rios, ou nas interações homem-floresta. Entretanto, a geoarqueologia associada a sistemas fluviais deveria abordar principalmente seu componente essencial: a própria caracterização do sistema fluvial.

CACHOEIRAS E ILHAS: OS SÍTIOS ARQUEOLÓGICOS NA PAISAGEM

Assim, houvesse a vida humana se estabelecido no mar estaríamos contando uma história diferente. Mas tendo sido a terra o seu ninho, o foco de atenção é colimado sobre o sistema que produz o essencial para a vida e para a continuação da vida humana.

No âmbito de se perceber a relação dos sítios arqueológicos na paisagem do Alto Rio Madeira, procuramos entender como os vestígios arqueológicos se distribuem nessa paisagem específica que compreendem o rio, as cachoeiras e as ilhas, e quais os possíveis significados desta distribuição, numa perspectiva geoarqueológica, social e microrregional da paisagem.

É evidente a multiplicidade de perspectivas abertas para o emprego de metodologias na análise da paisagem. Para cada situação, devem-se observar os padrões típicos nos quais se apresentam os componentes da paisagem, ou seja, os diferentes arranjos possíveis entre os mosaicos formados pela combinação de formas superficiais do terreno, aspectos bióticos e intensidades diferenciadas de antropização.

Para esta abordagem, entende-se o estudo de um tipo específico do produto humano (a paisagem), que usa uma dada realidade (o espaço físico) para criar uma nova realidade (o espaço social: humanizado, econômico, agrário, habitacional, político, territorial etc.) por meio da aplicação de uma ordenação imaginada (espaço simbólico: na qual é sentido, percebido, pensado etc). Esta concepção supõe que a dimensão simbólica forma uma parte essencial da paisagem social e que, portanto, é um entendimento integral que deve ser levado em conta (CRIADO BOADO, 1999).

Consideramos as questões ambientais para análise das ocupações pré-contato como elementos que podiam estar intimamente relacionados a escolhas culturais, e não somente à dinâmica ambiental (sedimentação, erosão, mudanças climáticas) ou possibilidades econômicas e de subsistência.

Acreditamos que no estudo integral da paisagem arqueológica é necessário levar em conta a heterogeneidade de seus espaços e de suas características particulares para poder determinar as relações dinâmicas naturais e culturais que existiram entre eles. As relações dinâmicas naturais entre espaços diferenciados são dadas pela posição de cada um deles na paisagem e sua relação com os demais elementos (bióticos, abióticos e, inclusive, arqueológicos). Assim, podem ser determinadas diferentes áreas de uso do espaço (sistemas de assentamento, áreas de captação de diferentes recursos, possíveis áreas de cultivo, áreas de busca de matéria-prima para elaboração de utensílios etc).

A Arqueologia da Paisagem considera as intervenções humanas como construtoras da paisagem; a partir dos vestígios deixados por estas intervenções – construções, gravuras, pinturas, fogueiras, sepultamentos, solos antrópicos – e de suas relações com os aspectos naturais do lugar em que estão, pode-se dizer sobre a maneira como os povos ou grupos que intervieram na paisagem lidavam com o meio (CRIADO BOADO, 1999; ASHMORE, KNAPP, 1999).

O estudo da paisagem em Arqueologia envolve questões complexas sobre as maneiras com que grupos pré-históricos, consciente-

mente ou não, moldaram seus espaços sociais e culturais. E ainda situações que envolvem uma variedade de processos tanto relacionados à organização deste espaço quanto à sua modificação em função de uma diversidade de propósitos que incluem subsistência, questões de ordem econômica, social, política, cognitiva, simbólica ou religiosa. É coerente afirmar que as pessoas percebem, classificam e moldam a paisagem circundante a partir de processos simbólicos que podem estar vinculados às tradições culturais do grupo, ao apego sentimental, à memória, aos mitos, enquanto local dos ancestrais e, quiçá, tendo como referências fronteiras sagradas e profanas (KNAPP, 1999). Criado Boado (1991, 1996, 2001), definiu como uma estratégia de investigação, identificação e compreensão do registro arqueológico com vistas à reconstrução de paisagens arqueológicas, bem como os processos de continuidade e mudança que constituíram a paisagem atual.

A paisagem é não só meio e produto da ação humana num determinado contexto histórico (KNAPP; ASHMORE, 1999), mas também uma forma de uma dada população humana interagir com os produtos de ocupações humanas anteriores – sofrer influências destas, intervir em seus vestígios, tecer considerações sobre elas.

Por fim, a evidência arqueológica de que dispõe o arqueólogo depende muito do comportamento humano, ou seja, o que o homem fez com ela; das condições naturais que atuam na sua conservação ou destruição e ainda da habilidade do próprio profissional em encontrá-la, recuperá-la e conservá-la. Quando analisamos a disposição dos sítios estudados na paisagem, visualizamos alguns elementos que poderiam prever sua existência.

Em relação à inserção dos sítios na paisagem, podemos dizer que a região do Alto Rio Madeira compreende a área de relevo mais encaixado com presença de muitas cachoeiras (dezoito ao todo) (Figura 5), sendo a área de mais difícil navegação, enquanto o Baixo Rio Madeira está inserido em áreas mais baixas, a partir da Cachoeira de Santo Antônio até sua foz, no rio Amazonas.

Ocorre um determinado padrão paisagístico no tipo de implantação dos sítios arqueológicos encontrados na região do Alto

Madeira. De acordo com as inferências criadas para estes sítios, um primeiro aspecto a ser considerado seria o de que os sítios foram construídos próximos à principal via de locomoção na época, o rio. Esta localização deixava os sítios em locais onde poderiam observar a região constantemente. Poderiam se deslocar facilmente até o rio principal (maior), o rio Amazonas, apesar dos obstáculos naturais que seriam os trechos encachoeirados.



Figura 5. Vista da Cachoeira de Morrinhos ao topo da margem direita, onde existe o sítio arqueológico Paraíso.

Ressalta-se ainda que estes trechos encachoeirados tornaram-se alvos na busca de locais de moradia para essas sociedades pretéritas, provavelmente devido à abundante presença de recursos para caça e pesca, à localização estratégica para controle territorial e de recursos (e.g., cachoeira), e também pelo simbolismo que pode estar incutido na sociedade que o procurou.

Quando visualizamos os sítios associados a estes aspectos paisagísticos percebemos que os mesmos possuem uma grande dispersão espacial, tanto horizontalmente quanto verticalmente, e uma diversidade de espessuras estratigráficas tendo como vestígios os artefatos cerâmicos, líticos lascados e polidos e ainda sítios com presença de representações rupestres.

Percebemos ainda que os eventos de sedentarismo (identificados através da presença de sítios localizados nas áreas de planície de inun-

dação com presença de espessas camadas arqueológicas) nestes sítios parecem estar relacionados à presença de concentrações de recursos advindos dessa relação solo-rio-paisagem.

Quanto à cobertura vegetal, não temos dúvidas de que essa variável é a que está mais suscetível às mudanças dentro do modelo: as bordas que hoje em dia delimitam as áreas de floresta, mudaram constantemente ao longo do tempo. Estes biomas apresentaram variados processos de expansões, retrações ou permanências que podem ter sido alterados drasticamente com a prática de queimadas ao longo tempo.

Mas, como estamos lidando com sítios arqueológicos de idades em torno do ano de 400 AP até 7000 AP, a cobertura vegetal no entorno destes sítios provavelmente alternou entre os biomas menos florestados e de florestas intensas diversas vezes desde sua construção. O controle da variável para definir estes sítios como certamente construídos em áreas de floresta, torna-se difícil de ser verificada somente com a observação da cobertura vegetal atual a qual foi provavelmente alterada desde a época do abandono dos sítios. No entanto, se levarmos em conta essa variável, analisando somente a cobertura vegetal atual, podemos dizer que esses sítios estão presentes em áreas florestadas.

A análise da variável topografia está relacionada somente às observações tomadas em campo, onde se tornou possível avaliarmos que as elevações no terreno possuem alterações suficientes para situar os sítios distantes dos níveis de cheias de rios, e para o estabelecimento de uma perfeita visualização da área no entorno. As ocupações do Alto Rio Madeira foram verificadas também nas várzeas do rio Madeira (planície de inundação), e em alguns sítios percebemos que o rio já avançou, levando parte deles através de suas águas, como é o caso do Sítio Morro dos Macacos I⁴ e Pedral do Carneiro⁵, dando subsídios para pensarmos essa dinâmica das águas do Rio Madeira e sua relação com esses sítios arqueológicos, outrora presentes e agora praticamente obliterados pelos processos erosivos.

4 Sítio identificado no âmbito do Projeto de Arqueologia Preventiva na área de influencia direta da UHE Santo Antonio.

5 Dados disponibilizados pela Scientia Consultoria Científica (Ainda não publicados).

Conforme ressaltamos anteriormente as ocupações pretéritas foram visíveis em quase todas as ilhas, estáveis e/ou temporárias, sendo elas próximas ou não de cachoeiras e corredeiras, sendo verdadeiros marcos paisagísticos, como no caso da Ilha Santo Antônio, localizada na Cachoeira homônima.

No entorno desta Cachoeira, não foram verificados padrões de ocupações em determinados locais específicos na paisagem, sendo identificados sítios em planícies aluvionares de rios principais, terraços fluviais altos e baixos, em superfícies de aplainamento retocados e em platôs lateríticos. As datas disponíveis até o momento indicam ocupações humanas uni e multicomponenciais desde 7700AP⁴ até períodos recentes, indicando períodos quase ininterruptos de ocupação, corroborando as hipóteses de Miller (1992) para esta região. A maior densidade de assentamentos ocorreu por volta de 1000AP. A Cachoeira do Santo Antônio localizava-se a cerca de 7 km da capital, configurando uma área com densa ocupação humana no passado.

No sítio Ilha Santo Antônio, a data mais antiga (7700AP) pertence a grupos pré-ceramistas e ainda não se tem como afirmar uma longa estabilidade no local, verificada apenas para um período mais recente, em torno de 900 AP, cujas evidências arqueológicas apontam para uma ocupação longa no local associada à formação da terra preta arqueológica. Outro sítio que apresentou uma ocupação pré-ceramista é o Sítio Garbin, localizado antes na margem esquerda do rio Madeira, em cotas acima de 100m, com evidências de associação a formação da terra preta arqueológica (KIPNIS, 2011).

O espaço foi pensado como um sistema integrado da ação do homem, onde os elementos que o formam são interdependentes e se condicionam. Podemos ressaltar que o estudo da paisagem arqueológica não implica uma restituição total do meio geográfico em uma determinada época, mas a evidência de que ao longo da evolução histórica e cultural do homem, seu comportamento sobre o meio foi determinante como ação modificadora da paisagem, assim como a paisagem influencia as escolhas desses grupos pretéritos. Estas transformações humanas no meio são informações precisas li-

gadas à dinâmica histórica das sociedades, portanto, o estudo das transformações da paisagem é também o estudo da história de uma comunidade.

Essas transformações são complexas e derivam de interesses contraditórios que são inerentes à natureza de toda a sociedade, por isto é, quanto maior a quantidade de dados recolhidos e contrastados de uma determinada população, entendida como uma parte integrante da totalidade de uma paisagem, mais robustos serão os modelos explicativos que nós, arqueólogos, podemos construir para a interpretação do registro arqueológico.

O que podemos destacar é que o panorama de uma região muda com o início de uma ocupação e conseqüente adaptação dos grupos aos padrões ambientais locais. Desta forma, a manipulação de artefatos líticos, a confecção de cerâmica, o uso da fauna e da flora alteraram a paisagem e o cotidiano local. São exatamente esses elementos que ajudam a compreender alguns aspectos dessa ocupação micro-regional, que se serviu de um ambiente propício para a sua instalação, composto por amplas margens alagáveis durante um período do ano e que potencializam a sua fertilidade, bem como a abundante presença de recursos alimentícios e de mobilidade aquática.

POTENCIALIDADES E PROBLEMÁTICAS DOS ESTUDOS

Os estudos sobre os processos de formação de sítios arqueológicos ainda destacam mais a questão de processos culturais aos naturais. Então, como trabalhar com a questão de paisagens culturais e naturais junto aos sítios arqueológicos? Como abordado anteriormente, há registros de sítios pré-coloniais em áreas de várzea onde atualmente já não se encontram mais vestígios, tendo sido afetados pela erosão há menos de 50 anos. Essa problemática levanta o questionamento do número de sítios erodidos ao longo dos últimos 7000 anos.

Percebe-se que as ocupações humanas pretéritas na área do Alto Rio Madeira foram intensas e populosas, com locais de extensos períodos de permanência nas margens e ilhas. Diferentes grupos podem

ter habitado o local e alterado a configuração da paisagem, conforme vemos hoje. Para muitos pesquisadores, admite-se que culturas e sociedades não apenas desenvolvem suas paisagens, mas também as modelam, ou seja, as transformam.

Além disso, através dos inúmeros ciclos que existem na história de ocupação da região, pode-se levantar possibilidades dos seringais e garimpos terem também modificado a paisagem, em especial as margens do rio, como na construção da EFMM, que levou à construção de aterros e diques em locais a menos de 50m da margem direita do rio Madeira. A construção da UHE Santo Antônio é vista, neste contexto, como mais um ciclo histórico de transformação paisagística.

Sobre a paisagem atual, percebe-se que há áreas com características secundárias, mas ocorrem sítios com certa estabilidade paisagística, sendo refletida na estratigrafia das escavações efetuadas. São raros ainda vestígios paleobotânicos e estudos polínicos para a região. Sendo a região do Alto Rio Madeira tema de debates, como a origem da domesticação de espécies vegetais como a pupunha (*Bactris gasipaes*) e mandioca (*Manihot esculenta*) (OLSEN, SCHAAL 1999; CLEMENT 1999a: 200, 1999b: 211), estes estudos devem ser potencializados futuramente.

Com relação às áreas de cachoeiras, existe uma forte relação com proximidades desses cursos de água que pode ser atribuído à disponibilidade de recursos e fontes de matéria prima (argila). Na região como um todo, existe ampla disponibilidade de matéria prima na região para artefatos líticos e blocos para afiadores, além de acúmulo de seixos (evidências de lascamentos) e blocos de laterita (polidas). Acredita-se que a abundância de recursos sempre foi disponível nesta região, o que permitiu longos assentamentos populacionais pretéritos. Percebe-se que em todas as ilhas, junto à cachoeiras/corredeiras ou não, que apresentam afloramentos rochosos em seu entorno, suportam sítios pré-coloniais de longa duração, sendo que em alguns deles, inclusive, com a formação da terra preta indígena (TPI) ou arqueológica (TPA).

O pouco conhecimento do próprio rio, levou a se formular hipótese para o entendimento da dinâmica do rio Madeira durante as ocupações humanas identificadas nesta região. Na pesquisa de Tizuka (2013), interpretar as condições hidro-geomorfológicas e ambientais do rio Madeira durante o Holoceno entre Porto Velho e Abunã, a partir da integração de dados da arqueologia, tem sido um desafio na tentativa de se contextualizar os resultados dentro de um marco paleohidrológico, paleogeográfico e paleoambiental regional. Seria necessário investir nos estudos dos processos de erosão das margens. Segundo Hooke (1979), a evolução do processo de erosão marginal é uma combinação de processos complexos, o que acentua a importância do estudo na interpretação da mudança da paisagem.

Após as primeiras análises realizadas, retomam-se duas problemáticas de trabalho: como analisar os sítios arqueológicos erodidos e os sítios rupestres junto à modelagem do sistema fluvial durante o Holoceno? Atribui-se a arte rupestre em um quadro geral para o período entre 7000AP-4000AP, normalmente associada a grupos pré-ceramistas, entretanto, o que observamos na região é que ela está associada a sítios cerâmicos (SCIENTIA, 2011). Ainda não existe um método que permita datar os petroglifos, e alguns sítios pré-coloniais registrados 30 anos atrás, hoje não existem mais. Haveria então um viés amostral para os sítios do Holoceno médio? A tentativa em uma paleohidrologia refinada poderia propor uma nova configuração da paisagem durante o Holoceno, que permitiria novas abordagens acerca dos padrões de assentamento.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem os dados disponibilizados pela Scientia Consultoria Científica e Santo Antônio Energia, apoio do IPHAN/RO, CPRM-REPO; à CAPES pela concessão de bolsa de pesquisa de mestrado e RK agradece ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico pela bolsa de produtividade (CNPq 309641/2011-0).

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, F. O. *Ocupações Pré-Históricas na Bacia do Alto rio Madeira*. Memorial de Qualificação apresentado ao Programa de Pós-graduação do Museu de Arqueologia e Etnologia da Universidade de São Paulo. São Paulo: 2010.
- ASHMORE, W.; KNAPP, A. B. (Ed.) *Archaeologies of Landscape*. Oxford: Blackwell, 1999.
- BEHLING, H.; COSTA, M. L. Holocene environmental changes from the rio Curuá records in the Caxiuana region, Eastern Amazon Basin. *Quaternary Research*, v. 53, p. 369-377, 2000.
- BEHLING, H.; BERRIO, J. C.; HOOGHMESTRA, H. Late Quaternary pollen records from the middle Caquetá river basin in central Colombian Amazon. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, v. 146, p. 193-213, 1999.
- BERRIO, J. C. Synthesis of the Paleoenvironmental changes in the Colombian Lowlands, In: BERRIO, J. C. (Org.) *Lateglacial and Holocene Vegetation and Climatic Change in Lowland Colombia*. Amsterdam: University of Amsterdam, 2002, p. 219-231.
- BOADO, F. C. Construcción social Del espacio y reconstrucción arqueológica del paisagen. *Boletín de Antropología Americana*, n. 24, p-5-29, 1991.
- BOADO, F. C. *Del Terreno al espacio: Planteamientos y perspectivas para la Arqueología del Paisaje. Criterios y convenciones en Arqueología del Paisaje, Grupo de Investigación en Arqueología del Paisaje*, Universidad de Santiago de Compostela: 1ª Ed., Abril de 1999.
- BOADO, F. C. Hacia un modelo integrado de gestión e investigación del Patrimonio Histórico: La cadena interpretativa como propuesta, PH. *Boletín del Instituto Andaluz de Patrimonio Histórico*, v. 16, p. 73-78, 1996.
- BOADO, F. C. *La memoria y su huella. Sobre arqueología, patrimonio e identidad*. Madrid: Promotora General de Revista, Claves de Razón Práctica, v.115, p. 36-43, 2001.
- BROCHADO, J. P. *An ecological model of the spread of pottery and agriculture into eastern south america*. 1984. 578f. Tese (Doutorado em Filosofia e Antropologia) – University of Illinois at Urbana, Champaign, Carbondale, 1984.
- BROWN, A. G. Alluvial geoarchaeology: floodplain archaeology and environmental change. *Cambridge manuals in archaeology*, 1997.
- CLEMENT, C. 1492 and the loss of Amazonian crop genetic resources I: the relation between domestication and human population decline. *Economic Botany*, v. 53, n. 2, p. 188-202, 1999a.

CLEMENT, C. 1492 and the loss of Amazonian crop genetic resources II: crop biogeography at contact. *Economic Botany*, v. 53, n. 2, p. 203-216, 1999b.

FILIZOLA, N.; GUYOT, J. L. Fluxo de sedimentos em suspensão nos rios da Amazônia. *Revista Brasileira de Geociências*, v. 41, p. 566-576, 2011.

FURNAS. *Estudo de Impacto Ambiental*. 2005. Tomo B, Volume 1/8. Complexo do Rio Madeira, UHE Santo Antônio e UHE Jirau. Furnas: p. III-58, III-84, 2005.

GOLDBERG, P.; MACKPHAIL, R. *Practical and Theoretical Geoarchaeology*. Ed: Wiley-Blackwell, 2006.

GOULDING, M., BARTHEM, R., FERREIRA, E. *The Smithsonian Atlas of the Amazon*. Washington, D.C.: Smithsonian Books, 2003, 253 p.

HAYAKAWA, E. H. 2011. *Paleoformas e sistemas de drenagem da Bacia do Baixo Rio Madeira, AM: interpretação de dados de sensoriamento remoto*. Tese (Doutorado em Sensoriamento Remoto) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2011.

HAYAKAWA, E. T.; ROSSETTI, D. F.; VALERIANO, M. M. Applying DEM-SRTM for reconstructing a late Quaternary paleodrainage in Amazonia. *Earth and Planetary Science Letters*, v. 297, p. 262-270, 2010.

HECKENBERGER, M., PETERSEN, J.; NEVES, E. Village permanence in Amazonia: two archaeological examples from Brazil. *Latin American Antiquity*, v. 10, n. 4, p. 353-376.

HOOKE, J. M. An analysis of the processes of river bank erosion. *Journal of Hydrology*, v. 42, p. 39-62, 1999.

IRIONDO, M. AND LATRUBESSE, E. A probable scenario for a dry climate in Central Amazonia during the late Quaternary. *Quaternary International*, v. 21, p. 121-128, 1994.

KÄMPF, N.; KERN, D. C. O Solo como Registro da Ocupação Humana Pré-histórica na Amazônia. *Tópicos Ci. Solo*, v. 4, p. 277-320, 2005.

KERN, D. C. et al. Distribution of Amazonian Dark Earths in the Brazilian Amazon, In: LEHMANN, D. J.; KERN, B. G.; WOODS, W. I. (Ed.), *Amazonian dark earths: Origins, properties, management*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 2003, p. 51-76.

KIPNIS, R. Amazonian Anthropogenic Soils' Antiquity at Upper Rio Madeira, Northwestern Amazon, and Its Implications for the Colonization of South American Neotropics. *Abstracts of the SAA 76th Annual Meeting*, Sacramento, California, 2011.

LATHRAP, D. *The Upper Amazon*. New York: Praeger Publishers, 1970.

LATHRAP, D. Aboriginal occupation and changes in river channel on the Central Ucayali, Peru. *American Antiquity*, v. 33, n. 1, p. 62-79, 1968a.

LATRUBESSE, E. Patterns of anabranching channels: The ultimate end-member adjustment of mega rivers. *Geomorphology*, v. 101, p. 130-145, 2008.

LATRUBESSE, E. M. The Late-quaternary paleohydrology of large south american fluvial systems. In: GREGORY, K.J.; BENITO, G. (Ed.) *Palaeohydrology: Understanding Global Change*. John Wiley & Sons), 2003.

LATRUBESSE, E., STEVAUX, J. C., SINHA, R., Tropical Rivers. *Geomorphology*, v. 70, p. 187-206, 2005.

MARTIN, L. et al. Southern oscillation signal in South American palaeoclimatic data of the last 7,000 years. *Quaternary Research*, v. 33, p. 1749-1762, 1993.

MEGGERS, B. O.; DIAS, E. M.; PEROTA, C. Implications of archaeological distributions in Amazonia. In: Vanzolini, P.; Heyer, W. (Ed.) *Proceedings of a Workshop on Neotropical Distribution Patterns*. Rio de Janeiro: Academia Brasileira de Ciências. 1988, p. 275-294.

MILLER, E. T. *Pesquisas arqueológicas no território federal de Rondônia*. Relatório Preliminar. Secretaria de Educação e Cultura do Estado do Rio Grande do Sul, 1978.

MILLER, E. T. et al. (Org.) *Arqueologia nos empreendimentos hidrelétricos da Eletronorte; resultados preliminares*. Brasília: Eletronorte, 1992.

MORAIS, R. Águas Brancas, Pretas e Verdes. In: AB'SABER, A. (Org.) *Leituras Indispensáveis*. São Paulo: Ateliê Editorial, 2008, p. 57-63.

NEVES, E. Twenty Years of Amazonian Archaeology in Brazil. *Antiquity*, v. 72, p. 625-632, 1998.

NEVES, E. Warfare in Precolonial Amazonia: when Carneiro meets Clastres, In: NIELSEN, A.; WALKER, W. (Ed.) *Warfare in Cultural Context: Practice Theory and the Archaeology of War*, Tucson: University of Arizona Press, 2005. No prelo

NEVES E.; PETERSEN, J. *The Political Economy and Pre-Columbian landscape transformations in Central Amazonia*. See Balée & Erickson, 2006, p. 279-309.

OLIVEIRA, V.; KIPNIS, R. H.; NEVES, E. G. Levantamento Arqueológico na Região do Alto Madeira. *61ª reunião anual da SBPC*. 12 a 17 de julho de 2009. Manaus-AM.

OLIVER, J. The Archaeology of Forest Foraging and Agricultural Production in Amazonia, In: MCEWAN, C.; BARRETO, C.; NEVES, E. (Ed.) *Unknown Amazon, Culture in Nature in Ancient Brazil*. London: British Museum Press, p. 50-85, 2001.

OLSEN, K.; B. SCHAAL. Evidence on the origin of cassava: Phylogeography of *Manihot esculenta*. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, v. 96, p. 5586-5591, 1999.

PIPERNO, D.; P. BECKER. Vegetational History of a Site in the Central Amazon Basin Derived from Phytolith and Charcoal Records from Natural Soils. *Quaternary Research*, v. 45, p. 202-209, 1996.

ROSSETTI, D.; TOLEDO, P. M. de; GÓES, A. M. New geological framework for Western Amazônia (Brazil) and implications for biogeography and evolution. *Quaternary Research*, v. 63, p. 78-89, 2005.

SCANDOLARA, J. E.; FUCK, R. A. O quadro tectono-estrutural do proterozóico de Rondônia. In: *Simpósio de Geologia da Amazônia, VII, 7.*, 2001, Belém. [Resumos Expandidos]. Belém: SBG-Núcleo Norte, 2001. 1 CD-Rom.

SCIENTIA CONSULTORIA CIENTÍFICA. *Arqueologia preventiva nas áreas de intervenção do AHE Santo Antônio, RO: relatório do registro rupestre e feições de polimento*. São Paulo, 2011.

TIZUKA, M. M. Ilhas fluviais do Alto rio Madeira: exemplo de aplicação da Geoarqueologia. In: Encontro Internacional de Arqueologia Amazônica, II, 2010, Manaus (Resumos).

TIZUKA, M. M. *Geoarqueologia e Paleohidrologia da Planície Aluvial Holocênica do Alto rio Madeira entre Porto Velho e Abunã-RO*. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Geociências e Meio Ambiente, Universidade Estadual Paulista. Rio Claro, 2013.

ZUSE, S. *Ocupações pré-coloniais e variabilidade cerâmica nos sítios arqueológicos do Alto rio Madeira, Rondônia*. Memorial (Qualificação) - Programa de Pós-Graduação do Museu de Arqueologia e Etnologia da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2011.

CAPÍTULO VII

Geomorfologia e paleoambientes no leste da América do Sul: implicações arqueológicas

Astolfo Gomes de Mello Araujo¹

Nas últimas décadas, o número de estudos paleoambientais no leste da América do Sul, no que hoje é território brasileiro, tem crescido consideravelmente. O mesmo pode ser dito sobre os dados arqueológicos, cujo crescimento exponencial se deve a atividades de cunho acadêmico e de arqueologia de contrato. Isso fez com que uma verdadeira integração entre os dados arqueológicos e paleoambientais fosse possível, permitindo a compreensão da ocupação regional e cenários de abandono, bem como a construção de modelos de preservação de sítios que levam em conta a resposta dos agentes geomórficos. Neste capítulo será apresentado, inicialmente, o estado do conhecimento sobre os dados paleoambientais para o leste da América do Sul, mostrando seus pontos de convergência e suas discrepâncias. Com base neste cenário, explorar-se-á a contribuição dos dados paleoambientais para a compreensão do registro arqueológico do leste da América do Sul ao final do Pleistoceno e início do Holoceno, seja em termos de ocupação humana (rotas de expansão) ou em termos de preservação e/ou destruição desse mesmo registro arqueológico.

PALEOAMBIENTES NO LESTE DA AMÉRICA DO SUL

Muitas publicações sobre paleoambientes no leste da América do Sul têm sido realizadas nos últimos cinco anos, mas o desenvolvimento mais importante é, talvez, o corpus crescente de dados sobre

¹ Museu de Arqueologia e Etnologia, Universidade de São Paulo, São Paulo – Brasil.
E-mail: <astwolfo@usp.com>.

estudos de isótopos de oxigênio em espeleotemas. Houve também um aumento geral no número de artigos e teses que se utilizam de indicadores paleoambientais como a palinologia, isótopos de carbono no solo e espeleotemas, juntamente com estudos usando dados sedimentares, geoquímicos e de fitólitos no solo.

As características dos diferentes indicadores paleoambientais em termos de resolução, sensibilidade a fatores climáticos e métodos de datação associados, às vezes são responsáveis por incongruências que transmitem alguma dubiedade nas inferências paleoambientais. Em tais casos, a arqueologia pode auxiliar no estabelecimento dos cenários mais prováveis (ARAUJO et al., 2005; ARAUJO et al., 2006).

Indicadores paleoambientais, convergências e divergências

Na tentativa de dar sentido aos cenários paleoambientais retratados durante as sessões seguintes, a falta de correspondência que alguns deles apresentam é às vezes impressionante. Tais discrepâncias, que podem acontecer tanto dentro do mesmo indicador paleoambiental como entre indicadores diferentes, não são incomuns na ciência, especialmente em ciências relacionadas ao clima. Um exemplo de desacordo entre diferentes indicadores paleoambientais acontece no Nordeste do Brasil, onde alguns autores vêem um evento seco entre 15.100 e 13.200 AP, quando cessou o crescimento de espeleotemas (CRUZ et al., 2009a), enquanto outros autores enxergam a tendência oposta, de um aumento na umidade com base em dados de pólen (LEDRU et al., 2005). No sudeste do Brasil o mesmo acontece quando o Último Máximo Glacial (UMG) é visto como frio e úmido com base em espeleotemas (CRUZ et al., 2006), e frio e seco quando baseada em pólen (BEHLING, 2002; LEDRU et al., 2009). No entanto, o desacordo pode ocorrer dentro do mesmo indicador, e podemos citar, por exemplo, a disputa entre palinólogos sobre o significado das *Poaceae* (gramíneas) no registro palinológico. *Poaceae* podem se espalhar tanto em condições secas (regressão da floresta, paisagens abertas, a resistência ao estresse hídrico) como em substrato úmido (gramíneas aquáticas,

bambus dentro de ambientes florestais ou em margens de lagos – Racza, 2009). As alterações na concentração de CO₂ na atmosfera também podem alterar o sinal de *Poaceae* (JOLLY, HAXELTINE, 1997).

A sensibilidade de indicadores paleoambientais distintos em relação a fatores climáticos e os métodos de datação envolvidos são outras possíveis fontes de desacordo. No caso de espeleotemas, é feita a análise de isótopos estáveis, cujas concentrações são extremamente variáveis e muito sensíveis a fatores ambientais. Seu crescimento ocorre em camadas anuais, e a calcita pode ser datada pelo método da série de urânio, o que permite precisão na ordem decadal (Cruz et al., 2009b). Isto significa que espeleotemas podem potencialmente ser datados em frações de tempo que são relevantes do ponto de vista do intervalo de uma vida humana.

No caso do pólen, a precisão das reconstruções ambientais está relacionada não só ao analista e seus métodos, mas com o grau de sensibilidade que as diferentes plantas têm em relação às alterações climáticas. Além disso, as amostras de pólen são recolhidas em intervalos de 1 a 5 cm, o que pode representar séculos, dependendo da taxa de sedimentação. Some-se ainda o fato que, uma vez que sedimentos de lagos são datados por radiocarbono, não é possível alcançar um elevado grau de resolução cronológica. Por fim, muitas vezes o pólen é coletado em ambientes úmidos, pantanosos e, portanto, a assinatura florística de uma savana, por exemplo, pode ser ofuscada pela presença de mata ciliar (BERRIO et al., 2000).

A análise de isótopos de carbono nos solos, incorporado por meio de decomposição das plantas, é outro importante indicador climático, muito usado no Brasil. O metabolismo das plantas pode ser dividido em vias C₃ ou C₄, sendo a C₃ mais comum em árvores, e a C₄ mais comum em gramíneas (PESSENDA et al., 2001). Assim, um sinal C₃ forte na matéria orgânica do solo significaria um antigo ambiente de floresta, enquanto que um sinal C₄ significaria um ambiente de vegetação aberta.

Esta abordagem, apesar de seu grande potencial, tem alguns problemas. Em primeiro lugar, não é possível saber quais plantas

(*taxa*) são responsáveis pelo sinal isotópico, embora esta lacuna possa ser contornada pela análise combinada de fitólitos do solo. Em segundo lugar, há evidências de que as concentrações atmosféricas de CO₂ podem favorecer mais as plantas C₄ em detrimento das C₃, o que significa que um aumento de gramíneas pode ser impulsionado por baixas concentrações de CO₂, e não necessariamente por climas secos. Terceiro, idades radiocarbônicas obtidas em solos são sempre mais problemáticas devido à ação biológica (no caso do carvão vegetal) e volume de ciclagem de matéria orgânica (mistura de matéria orgânica antiga e nova).

Naturalmente, este problema pode ser minimizado através de datações por luminescência (LOE). É importante notar também que o mesmo método de datação pode fornecer resultados diferentes. Idades de radiocarbono obtidas em fragmentos de carvão são diferentes das obtidas em matéria orgânica total, seja em terra ou em turfa. No primeiro caso, o que está sendo datado é um indivíduo único, uma árvore ou um galho. No segundo caso, o que está sendo datado é um conjunto de matéria orgânica proveniente de vários indivíduos diferentes, que passou a ser depositada no mesmo lugar. Isto significa que a maior parte da matéria orgânica é sempre uma mistura de carbono a partir de diferentes idades. Por exemplo, Pessenda et al. (2001) compararam as idades radiocarbônicas de perfis de solo em oito localidades no Brasil, e mostraram que as idades obtidas a partir de matéria orgânica total do solo (MOS) eram significativamente mais jovens do que a fração humina (considerado o mais antigo e estável componente orgânico do solo) ou de idades obtidas a partir de carvão vegetal. Diferenças de idades entre MOS total e humina obtidas nas amostras brasileiras variaram entre 13% e 209%. Em geral, as idades de carvão foram similares e/ou mais antigas do que a idade das huminas. Isto significa que uma idade radiocarbônica obtida a um lago sedimento pode ser consideravelmente mais antiga do que parece.

Por fim, a datação por LOE de sedimentos provenientes de dunas podem indicar períodos de maior atividade eólica, que por sua vez seriam indicadores de ambientes mais secos (p. ex., CARNEI-

RO FILHO et al., 2002; DE OLIVEIRA et al., 1999; TSOAR et al., 2009) mas essa é uma relação que nem sempre se verifica, podendo haver um jogo complexo entre intensidade de ventos, pluviosidade e até mesmo vieses amostrais (ver CHASE, 2009 para uma análise aprofundada do tema).

Ao apontarmos estes fatos, queremos deixar claro que não existe um método “melhor” do que outro, e que as evidências paleoambientais, como quaisquer outros dados científicos, devem ser abordadas com cautela e basear-se em múltiplas evidências.

O Último Máximo Glacial (23.000 a 19.000 anos cal AP²)

Os principais eventos climáticos de interesse para a nossa discussão ocorreram desde a queda global da temperatura da Terra, chamada Último Máximo Glacial (UMG). Durante este período, entre 23.000 e 19.000 cal AP (MIX et al., 2001), a temperatura média da Terra foi 5°C mais baixa do que a atual, as concentrações de CO₂ metade das de hoje (MAYLE et al., 2009) e o aprisionamento de água nas geleiras foi responsável pela remoção de 3% do volume do oceano (WRIGHT, 2009), provocando uma queda de 120 m do nível do mar a cerca de 18.000 anos cal AP (CLARK e MIX, 2002). Os fatores que levaram ao UMG ainda estão em debate, sendo provavelmente uma confluência de parâmetros orbitais da Terra e complexos mecanismos de retroalimentação climática.

O UMG tem sido profundamente estudado desde a década de 1970, começando com o Projeto CLIMAP (“Investigação, Mapeamento e Previsão Climática de Longo Alcance” – CLIMAP, 1981), e inúmeros trabalhos sobre o tema foram publicados desde então. Os aspectos mais consensuais apontam para um clima mais frio e, na maioria das regiões, também mais seco na América do Sul. No entanto, várias questões ainda precisam ser esclarecidas, entre elas o papel que as condições UMG teriam nos trópicos. A visão tradi-

² Usaremos a notação “cal AP” para idades radiocarbônicas calibradas de acordo com o programa CalPal-2007 (Weninger et al. 2012).

cional de um UMG frio e seco em ambientes tropicais, com base em simulações computacionais, está mudando rapidamente na medida em que mais dados são acumulados, mas o cenário parece não só mais complexo do que se pensava, mas também menos consensual.

O Tardiglacial (19.000 a 11.500 anos cal AP)

O período entre o UMG e o início do Holoceno é bem reconhecido no Hemisfério Norte pelas mudanças climáticas drásticas em curto prazo, tais como o período frio chamado evento Heinrich 1 (H1), cerca de 16.500 cal AP, que foi seguido por um grande aumento de temperatura entre 14.500 cal AP e 13.000 cal AP, chamado inderstadial Bolling-Allerod para, em seguida, voltar novamente a um período curto e extremamente frio entre 12.600 e 11.800 cal AP, conhecido como Dryas recente.

No Hemisfério Sul, no entanto, os sinais deixados por essas mudanças climáticas extremas são um tanto duvidosos. Talvez apenas o Dryas recente possa ser reconhecido, em particular em ambientes marginais, tais como a região andina (BAKER et al., 2001) ou Patagônia (HADJAS et al., 2003). No entanto, Ledru et al. (2002) e Jacob et al. (2007) sugerem que o Dryas recente também possa ser reconhecido na Lagoa do Caçó, norte do Brasil. Novos dados, disponíveis a partir de isótopos de oxigênio em espeleotemas, sugerem que efeitos climáticos relacionados ao evento H1 e do Dryas recente também podem ser observados no NE e SE Brasil (CRUZ Jr. et al., 2005, 2006, 2009 a,b).

O Holoceno (11.500 anos cal AP até o presente)

O Holoceno marca o fim das condições globalmente frias e secas que reinaram desde 130.000 anos atrás, quando o último ciclo glacial foi estabelecido. Dados de isótopos de oxigênio do Ártico e núcleos de gelo da Antártida mostram claramente que o Holoceno é um período condições climáticas extremamente amenas quando comparadas ao Pleistoceno (WATANABE et al., 2003; North Gre-

enland Ice Core Project Members, 2004). Burroughs (2005) até apelidou o Holoceno como “o fim do reinado do caos”, e com razão. As temperaturas subiram cerca de 20°C desde o UMG, e as flutuações climáticas foram muito menos drásticas. De fato, existem fortes evidências de que a agricultura em larga escala não seria sequer possível nas condições do UMG ou durante o Tardiglacial (RICHERSON et al., 2001).

No Holoceno médio, entre 8.300 e 5.000 AP, houve um período de aumento global da temperatura chamado “hipsitermal”, ou “ótimo climático” (FAIRBRIDGE, 2009). Este último termo é errôneo, uma vez que o clima não se tornou “ótimo” globalmente, isto é, em alguns locais o aumento da temperatura foi acompanhado por uma redução na precipitação, conduzindo aos eventos secos do Holoceno médio, reconhecidos em muitas partes do mundo.

Com a expansão dos sistemas agrícolas, que trouxeram consigo um grande aumento populacional (Diamond 1987), os efeitos de pequenas flutuações climáticas, mesmo nas suaves condições holocênicas, podem ser extremamente prejudiciais (MENOCAL, 2001). Por isso, a época Holocênica, suas flutuações climáticas e seu impacto sobre os seres humanos é um tema de grande importância.

As condições climáticas holocênicas para o leste da América do Sul foram discutidas em profundidade em outros artigos (ARAUJO et al., 2005, 2006), e aqui vamos oferecer um panorama das principais questões.

Resumindo os Paleoclimas do Leste da América do Sul

Para avançar na discussão, é importante não só abordar os paleoambientes em diferentes escalas de tempo, mas também prestar atenção aos sinais de perturbações climáticas, ou mudanças climáticas rápidas (“MCRs”, seguindo MAYEWSKI et al., 2004) ao longo do registro. Vários casos de discordância entre autores e indicadores ambientais podem ser resolvidos se levarmos em conta que indicadores diferentes respondem de forma diferente, que as condições locais

podem influenciar modos de deposição locais e vegetação local, e também que alguns locais de estudo estão muito distantes de seus vizinhos. A Figura 1 mostra a localização dos dados paleoambientais consultados. No entanto, se queremos ter uma visão global dos paleoambientes do Leste da América do Sul desde o UMG, um possível resumo seria:



Figura 1. Estudo paleoambientais citados no texto.

A= Seis Lagos (Pata, Dragão, Verde); B= Carajás; C= Dunas Rio Negro; D= Rio Purus; E= Lagoa Caçó;
 F= Rio Grande do Norte; G= Toca Boa Vista; H= Dunas Ceará; I= Cromínia; J= Águas Emendadas e
 Lagoa Bonita; K=Lagoa Santa, Lagoa Olhos, Lagoa Mares; L= Morro Itapeva; M= Volta Velha e Serra
 Araçatuba; N= Salitre e Serra Negra; O= Catas Altas; P= Botucatu; Q= Gruta Santana e Petar;
 R= Gruta Botuverá; S= Curucutu e Colonia; T= Humaitá; U= Serra da Bocaina; V= Rio Tamandú;
 W= Serra Campos Gerais; X= São Francisco de Assis; Y= Dunas Icatu; Z= Serra Orgãos; AA= São Francisco
 de Paula e Cambará do Sul.

1. Bacia Amazônica: esta área enorme, maior do que a Europa, é denominada sob um único rótulo por conta de nossa falta de conhecimento, e não devido a qualquer unidade, seja geomorfológica ou biótica. Em todo o caso, há consenso sobre a queda na temperatura durante o UMG, algum consenso sobre uma diminuição da precipitação, e nenhum consenso quanto ao grau de fragmentação da floresta. A Figura 2 mostra uma comparação entre diferentes localidades e autores para a Bacia Amazônica (dados baseados em ABSY et al., 1991; BEHLING, 2001; CARNEIRO FILHO et al., 2002; COLINVAUX et al., 1996; COLINVAUX et al., 2000; FREITAS et al., 2001; HAFFER e PRANCE, 2001; HOOGHIEMSTRA e VAN DER HAMMEN, 1998; JACOB et al., 2004; LATRUBESSE e KALICKI, 2002; SARGES et al., 2009; SIFFEDINE et al., 2003), onde pode-se perceber que um hiato na sedimentação em Carajás, um período de reativação de dunas eólica no Rio Negro e os níveis baixos na região de Seis Lagos convergem de alguma forma. O mesmo pode ser dito para o Tardiglacial, e é importante notar que Carajás situa-se a 1500 km do Rio Negro e a 2000 km dos Seis Lagos. Para tempos mais recentes, um outro padrão que emerge é a existência de uma

seca em meados do Holoceno (BUSH et al., 2004; BUSH et al., 2007).

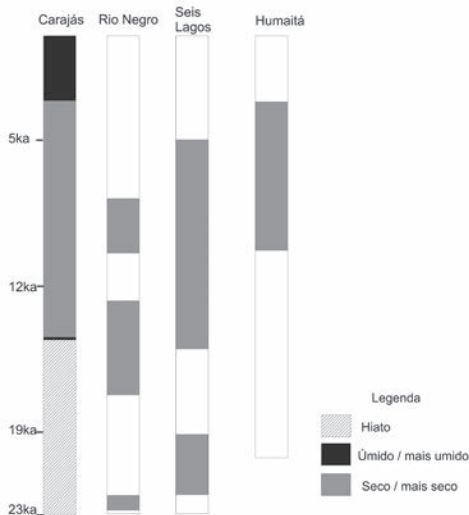


Figura 2: Quadro mostrando as principais mudanças climáticas ocorridas na Bacia Amazônica.

2. Nordeste do Brasil: Auler e Smart (2001) apontam para a importância das diferenças regionais de clima que podem ser sobrepostas aos gerais de circulação atmosférica. Nimer (1989) observa que hoje os padrões gerais de chuva no Nordeste do Brasil são extremamente condicionados pela orografia. A distribuição da estação seca é muito variável, com montanhas sendo responsáveis pela abreviação do período seco, e planícies responsável pela sua extensão. Mesmo assim, existe uma boa congruência entre diferentes indicadores (Figura 3; baseada em AULER et al., 2006; CRUZ et al., 2005; CRUZ et al., 2006; CZAPLEWSKI e CARTELLE, 1998; TSOAR et al., 2009), sinalizando um Holoceno médio úmido, em contraste com a aridez crescente no Holoceno tardio. Os registros do UMG e do Tardiglacial são mais variáveis, mas seria esperado que os registros de Icatu e Central (Bahia), localizados no interior, seriam diferente de Caçó, próximo à costa e no interior da zona de flutuação da ZCIT (Zona de Convergência Intertropical), um cinturão de baixa pressão caracterizado por precipitação abundante e fortes turbulências.

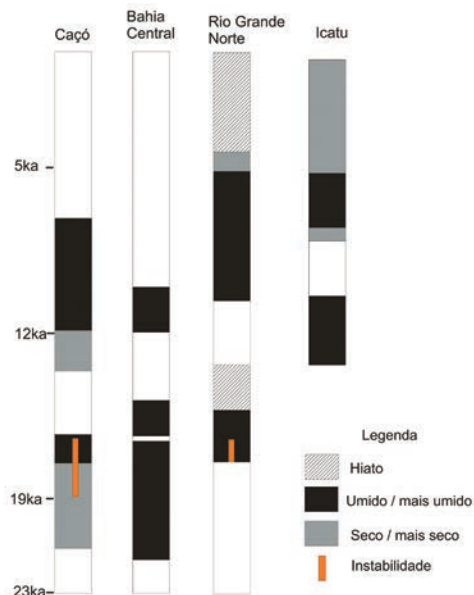
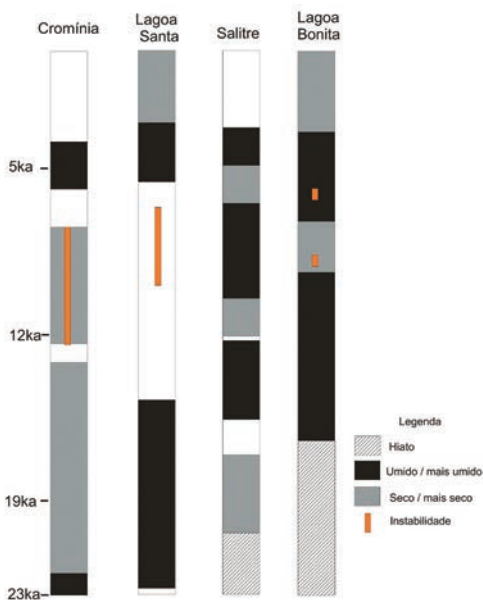


Figura 3: Quadro mostrando as principais mudanças climáticas ocorridas no Nordeste do Brasil.

3. Brasil Central: Para esta região alguns autores acreditam, com base em registros de pólen, que um UMG e Tardiglacial muito secos foram seguidos por um aumento na umidade, com início por volta de 7.000 cal AP, levando a condições modernas (BARBERI et al., 2000; SALGADO-LABORIAU et al., 1997). Na mesma região, no entanto, outros pesquisadores encontraram evidências de um cenário diferente, com um UMG mais seco e mais frio seguido de um Tardiglacial frio e úmido entre ca.12.000 e 9.500 cal AP, seguido novamente por um período árido entre ca. 9.500 e 4.500 cal AP, e uma tendência para as condições modernas desde então (BEHLING, 2002; LEDRU, 1993; LEDRU et al., 1996). As possíveis razões para estas diferenças foram discutidas em outro lugar (ARAUJO et al., 2005), mas a Figura 4 mostra que há alguns pontos em comum (com base também em FERRAZ-VICENTINI e SALGADO-LABORIAU, 1996; LEDRU et al., 1998; PARIZZI et al., 1998), como a instabilidade climática que pode ser percebida no Holoceno médio. Alguns autores tendem a diferenciar o Brasil Central em duas zonas climáticas: o “núcleo”



de savana poderia mostrar a tendência de aumento da umidade durante o Holoceno, enquanto a área “periférica”, em direção ao leste e ao sul, iria mostrar mais oscilações na umidade, provavelmente devido a incursões de frentes polares antárticas (Barberi, 2001:145) e períodos de aridez no Holoceno

Figura 4: Quadro mostrando as principais mudanças climáticas ocorridas na região central do Brasil.

tardio, devido ao aumento da atividade de fenômenos como o El Niño (ENSO) ou a um deslocamento setentrional da ZCIT (DE OLIVEIRA et al., 1999, p. 335).

4. Sudeste do Brasil: a maior parte dos dados paleoambientais para o SE Brasileiro são provenientes da Serra do Mar, e nós simplesmente não sabemos quão uteis esses dados são do ponto de vista arqueológico, uma vez que os picos montanhosos foram, provavelmente, mais secos e mais frios do que os fundos de vale. Os poucos estudos nas terras baixas (TURCQ et al., 1997; BEHLING et al., 1998) sugerem um grande período de instabilidade, marcado por forte erosão fluvial (Figura 5; dados com base também em BEHLING et al., 2007; BEHLING e LICHTER, 1997; BEHLING e SAFFORD, 2010; COELHO NETTO, 1999; COELHO NETTO e FERNANDES, 1990; CRUZ et al., 2009a; CRUZ et al., 2009b; LEDRU et al., 2005; MODENESI-GAUTTIERI 2000; MOURA e MELLO, 1991; PESSEDA et al., 2009; SAIA et al., 2008; WANG et al., 2006; WANG et al., 2007). Stevaux (2000) encontrou evidências de um UMG seco no rio Paraná, mais para o interior. A principal discussão é, hoje em dia, sobre a precipitação no UMG (CRUZ et al., 2006; LEDRU et al., 2009).
5. Sul do Brasil: Os estados do Sul têm a melhor cobertura paleoambiental, e o cenário parece ser bem compreendido (Figura 6; dados com base em BEHLING 1997, 1998, 2007; BEHLING et al., 2001; BEHLING e NEGRELLE, 2001; BEHLING et al., 2004; BEHLING et al., 2005). É relativamente consensual que o UMG foi seco e frio, com um predomínio de campos ou campos cerrados, sujeito a uma mudança gradual para climas mais quentes e úmidos durante o Tardiglacial e o Holoceno (BEHLING, 2002).

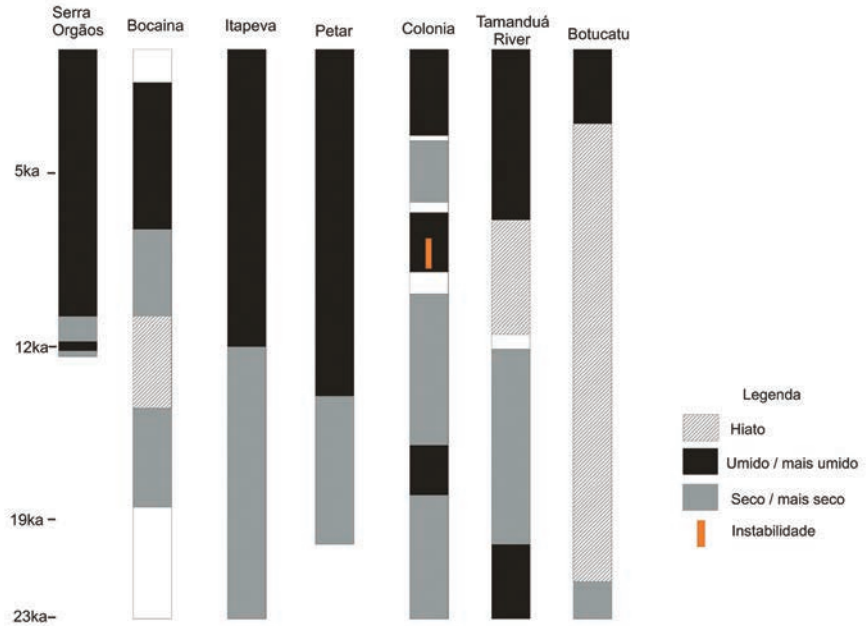


Figura 5: Quadro mostrando as principais mudanças climáticas ocorridas no Sudeste do Brasil.

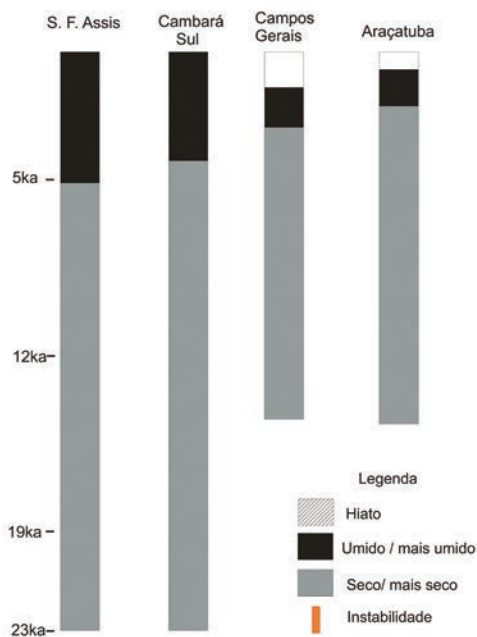


Figura 6: Quadro mostrando as principais mudanças climáticas ocorridas no Sul do Brasil.

O IMPACTO DAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS NA PAISAGEM: UM OLHAR TROPICAL

Áreas tropicais e sub-tropicais estão sujeitas a processos geomórficos intimamente ligados a fortes chuvas, altas temperaturas e forte atividade biológica. Estes processos são responsáveis pela formação de camadas espessas de solo e mantos de intemperismo profundos que nunca foram sujeitos a erosão por meio de processos glaciais. A compreensão e registro de processos geomórficos tropicais é uma adição relativamente nova ao campo geral da geomorfologia, uma vez que a maioria das teorias e estudos estão relacionados a ambientes temperados ou desérticos (THOMAS, 1994). Contribuições importantes para a formação de paisagens tropicais num quadro evolutivo vieram do trabalho de Henri Erhart (1956), que propôs a “teoria bioresistática”, em que uma determinada paisagem com cobertura vegetal estável (ou em “biostasia”) estará sujeita principalmente à lixiviação química, liberando minerais solúveis e retendo os insolúveis. Quando há uma ruptura no padrão climático, no entanto, o equilíbrio biológico é perdido (“resistasia”), a vegetação se retrai e os componentes insolúveis clástico e argiloso armazenados sob a vegetação são liberados, causando o preenchimento dos vales e a deposição de vários metros de sedimento em curtos intervalos de tempo.

Esta ideia foi aplicada por Ab’Sáber (1969) e Bigarella (BIGARELLA et al., 1965) em depósitos coluviais brasileiros, cujos pavimentos rudáceos, ou “linhas de pedra”, foram considerados testemunhos de climas secos. Tais depósitos foram denominados “correlativos”, uma vez que poderiam ser teoricamente associados a condições ambientais específicas. Outra contribuição importante para a geomorfologia tropical veio de Bigarella et al., (1965), que definiram o conceito de “complexos de rampa”, ou depressões em forma de anfiteatro preenchidas por material coluvial e aluvial, mostrando episódios de assoreamento e degradação que provavelmente estavam ligados a fatores climáticos. A definição dos complexos de rampa permitiu uma visão mais dinâmica e espacialmente heterogênea de processos atuantes

em solos tropicais, uma vez que pressupõe que a erosão e a sedimentação ocorrem simultaneamente em diferentes setores da encosta, em múltiplas direções e em ritmos distintos, convergindo porém para o eixo longitudinal, ou depressão (MOURA e SILVA, 2003).

Um desenvolvimento paralelo da teoria bioresistática de Erhart foi proposto por Knox (1972), que propôs um modelo de resposta geomórfica às mudanças climáticas abruptas. Apesar de ser originalmente aplicado no leste dos Estados Unidos, o modelo foi usado por Roberts e Barker (1993) na África tropical, e por Thomas (2008; THOMAS e THORP, 1995) na interpretação do sinal das mudanças climáticas em diversos ambientes tropicais. O modelo prevê que um aumento

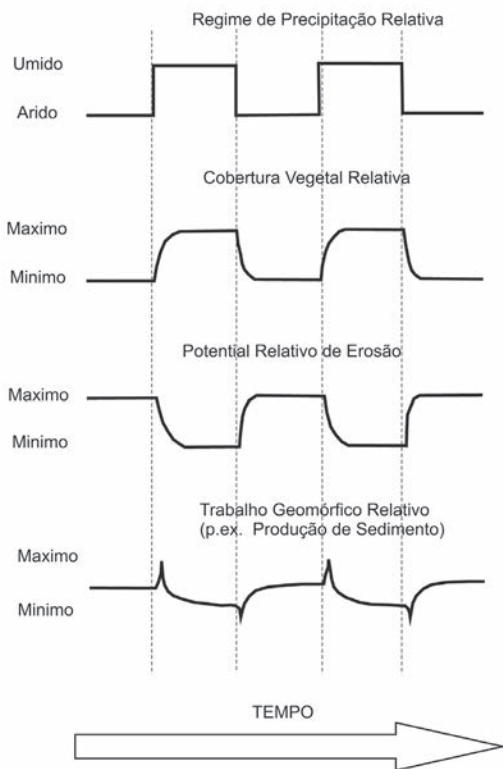


Figura 7: Modelo de resposta geomórfica às mudanças climáticas, modificado de Knox (1972).

na precipitação provoca um aumento relativo da cobertura vegetal e, portanto, uma diminuição no potencial de erosão das encostas, e vice-versa (Figura 7). No entanto, as transições de umidade para seca e de seco a úmido são assimétricas em relação a uma quarta variável, qual seja, o trabalho geomórfico relativo, ou a produção de sedimentos. Em condições normais, a produção de sedimentos em áreas vegetadas é menor do que em áreas semi-áridas devido à falta de proteção do solo contra chuvas torrenciais nestas últimas. A transição de um período seco para úmido irá produzir um

pico na produção de sedimentos porque o solo estaria desprotegido, e a precipitação seria alta. Esta situação vai perdurar até que a vegetação se ajuste às novas condições. A situação oposta, de úmido para seco, tende a produzir uma diminuição na produção de sedimentos, uma vez que o solo já se encontra recoberto e a precipitação torna-se baixa. Mais uma vez, esta situação vai perdurar até que a nova vegetação (ou falta dela) prevaleça, e a produção de sedimentos, normalmente elevada em ambientes semi-áridos, seja estabelecida.

Para entender melhor as implicações reais destes modelos, podemos fornecer algumas evidências empíricas. Nas planaltos úmidos do sudeste do Brasil, em uma larga faixa paralela à costa, que incorpora a Serra do Mar e áreas adjacentes dos vales do rio Doce e Paraíba do Sul, vários estudos conjugando pedologia e geomorfologia foram realizados por Meis, Moura e colegas (MEIS e MOURA, 1984, Moura e Mello, 1991), utilizando o conceito de alostratigrafia, envolvendo interpretação estratigráfica, correlação e mapeamento que se utiliza de descontinuidades e superfícies para subdividir a seção sedimentar. Assume-se que essas descontinuidades e superfícies possuam significado crono-estratigráfico (NACSN 1983), estando relacionadas a episódios de instabilidade ambiental (MOURA, 2003). Na região de Bananal, entre São Paulo e Rio de Janeiro, Moura e Mello (1991) reconheceram nove aloformações implantadas nas encostas e fundos de vales. A cronologia obtida coloca os depósitos em uma faixa de tempo entre o final do Pleistoceno e o Holoceno. A aloformação basal, Santa Vitória, é um colúvio avermelhado formado diretamente sobre a rocha do embasamento cristalino, datando provavelmente do Pleistoceno tardio. Acima dela, a aloformação Rio do Bananal é um depósito coluvionar amarelado, com mais de 8 m de espessura, apresentando material clástico mal selecionado e não estruturado, sugerindo instabilidade climática, com episódios de forte erosão das encostas preenchendo os fundos de vale. Sua parte superior apresenta um horizonte A, representando um paleosolo soterrado e, portanto, uma superfície estável a 11.300 cal AP. Acima da Aloformação Rio do Bananal, os autores definiram outras sete aloformações. De interesse aqui é Aloformação Manso, uma sequência sedimentar composta pela interdigitação de depósitos fluviais e de

encosta subdivididos em três fácies, provavelmente associadas a outro período de instabilidade, quando a erosão atingiu a rocha do embasamento em alguns locais, causando um extremo preenchimento dos vales, com afogamento das drenagens, que pode ser observado na paisagem ainda hoje. Estes depósitos podem atingir espessuras de 10 m ou mais. A Figura 8 (modificada de MOURA et al., 1991) exemplifica a complexa relação espacial entre os depósitos aloestratigráficos de subsuperfície e o relevo presente, as diferentes paleotopografias e, mais importante, a potencial dificuldade em se atingir as superfícies mais antigas. De fato, trabalhos posteriores na mesma área (COELHO NETTO, 1999) mostraram que os sedimentos do Pleistoceno foram quase totalmente erodidos. Eles aparecem em pontos isolados em alguns patamares de vertente, e nunca nos fundos de vale, arrasados que foram por um episódio regional de erosão-deposição que preencheu a paisagem entre 11.000 e 9.600 cal AP.

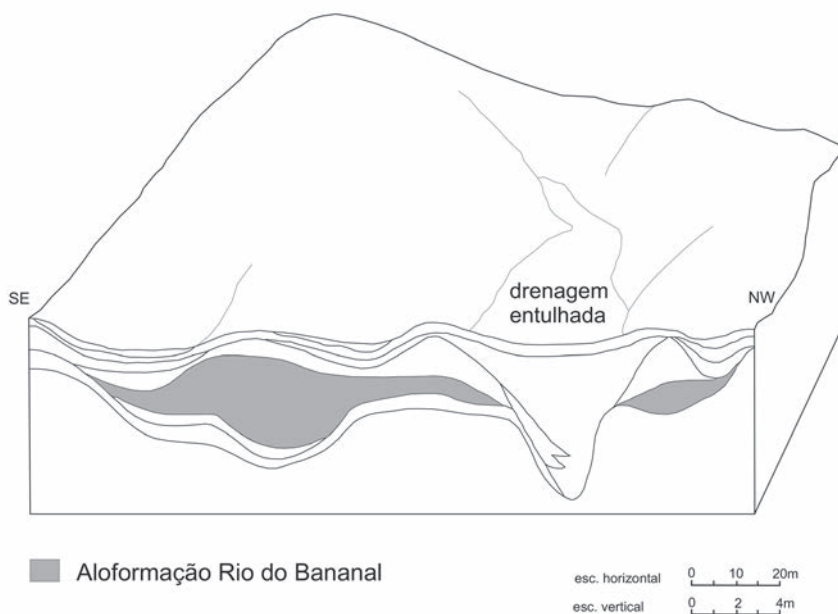


Figura 8: Exemplo da relação espacial complexa entre depósitos colúvio-aluvionares e paleo-superfícies em relação ao relevo atual. Notar a posição estratigráfica da aloformação Rio do Bananal, cuja idade de topo é 11.300 cal AP. Modificado de Moura et al. (1991).

Outro exemplo de perturbação climática foi descrito por Mordenesi-Gauttieri (2000) no topo da Serra do Mantiqueira, onde pelo menos três episódios de acreção coluvial ocorreram desde o UMG, com idades contidas nos intervalos de 22.000-17.300, 17.300-11.500 e 11.500-8.300 cal AP.

HUMANOS ENTRAM NO CENÁRIO

Depois de nossa discussão sobre paleoambientes e suas implicações sobre a paisagem, é hora de colocar os seres humanos neste cenário. No entanto, uma pergunta inicial tem que ser feita: desde quando? Tal pergunta é um pouco retórica, porque nós provavelmente nunca teremos uma resposta absoluta, mas podemos começar pelo menos descartando algumas respostas incorretas.

A detecção de sítios que são mais antigos do que o horizonte Clovis, conforme definido na América do Norte, ou sítios que são um pouco mais novos do que Clovis, mas totalmente independentes do ponto de vista cultural, sugerem que o modelo “Clovis First” é insuficiente para explicar as evidências empíricas sulamericanas. O que falta ser esclarecido é o tempo e as rotas de expansão dos primeiros habitantes humanos do continente, um tema que tem sido abordado por um grande número de pesquisadores, e não será discutido aqui (por exemplo, ANDERSON e GILLAM, 2000; DILLEHAY, 2000; DIXON, 2001; FLADMARK, 1979).

Minha contribuição começa com um cenário um tanto nebuloso, baseado em evidências reconhecidamente escassas, mas que ao mesmo tempo não podem ser completamente descartadas: a possibilidade da chegada de humanos em tempos pré-UMG nas Américas. Além das evidências de Pedra Furada (PARENTI, 2001), existem outros sítios que devem ser considerados, tais como Sítio do Meio, com idades com mais de 24.200 cal AP (FELICE, 2002; SANTOS et al., 2003), Santa Elina, com idades até 23.000 AP (VILHENA VIALOU, 2003, 2011) e Monte Verde, com uma ocupação superior de 14.000 AP e uma possível ocupação inferior de 33.000 AP (DILLEHAY e COLLINS, 1988), para não

falar de um sítio na Colômbia, onde obsidiana e lascas de sílex foram encontrados embaixo de cinzas vulcânicas do Pleistoceno, juntamente com madeira datada em 19.500 cal AP (COOKE, 1998). Mas, por que temos de levar estas poucas evidências em consideração? A resposta simples é porque essas evidências explicam melhor o que aconteceu mais tarde. Caso contrário, é muito difícil explicar que, por volta de 12.000 anos AP a América do Sul foi repentina e completamente preenchida por grupos culturais totalmente diferentes, com tecnologias líticas distintas (ARAUJO e PUGLIESE, 2009; BATE, 1990; DILLEHAY, 2000), mostrando adaptações aos ambientes mais extremos, da floresta amazônica (ROOSEVELT et al., 1996) às estepes da Patagônia (BORRERO et al., 1998), tudo isso apenas 1.250 anos após os primeiros sítios Clovis, ou 800 anos depois dos sítios Clovis mais tardios (WATERS e STAFFORD, 2007). Então, como um exercício, vamos considerar momentaneamente que essa ocupação aconteceu em tempos pré-UMG, permitindo margem suficiente para a expansão e diferenciação cultural dos grupos humanos até 12.000 AP. Continuando nosso exercício, vamos fazer um exame cursivo da distribuição das idades de radiocarbono para sítios sul-americanos mais antigos do que 10.000 14C AP, ou 11.500 cal AP. A Figura 9a mostra um gráfico de 202 idades de radiocarbono obtidas em 59 sítios arqueológicos, em sete países (Argentina, Brasil, Chile, Colômbia, Equador, Peru e Venezuela). Mesmo se desconsiderarmos uma ou outra localidade, o padrão sugere um continuum de idades que vai até 14.700 14C AP, ou 18.000 cal AP, que se estende para trás até o fim do UMG. Quando chegamos ao UMG, coincidência ou não, as idades se espalham. Isto ocorreria porque as idades estão erradas, os sítios são falsos, ou o sinal arqueológico é fraco?

Se fecharmos o foco no leste da América do Sul, a nossa amostra é composta por 81 idades de radiocarbono provenientes de 37 sítios (mostrados na Figura 10). A Figura 9b mostra um gráfico com as idades calibradas, onde também é possível perceber a “quebra” em torno do UMG. Ainda mais intrigante é o padrão que podemos observar quando as idades calibradas são agregadas em intervalos calêndricos de 1000 anos (Figura 9c).

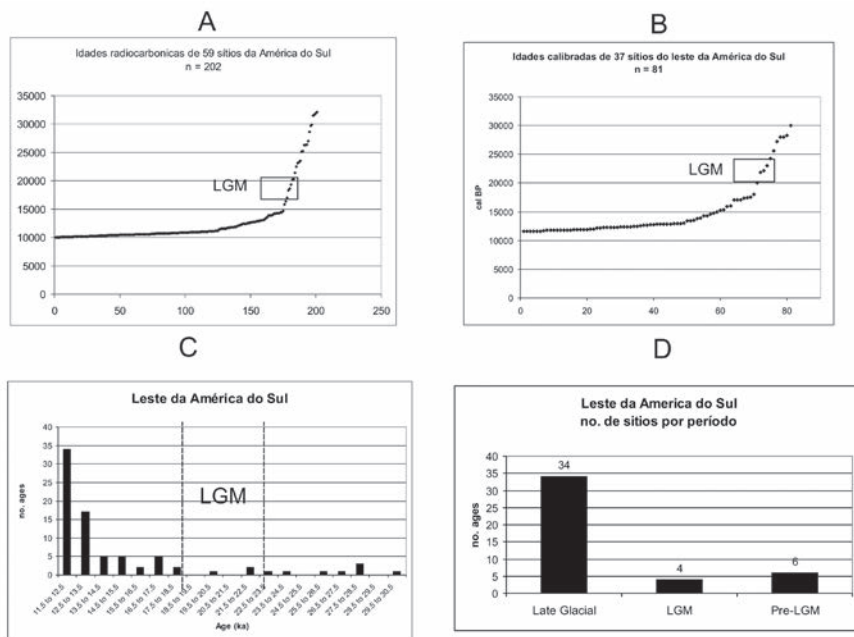


Figura 9: Distribuição das idades radiocarbônicas de sítios arqueológicos desde o final do Pleistoceno.

Em vez de um aumento progressivo do número de idades, como seria esperado se apenas os caprichos da amostragem e do decaimento químico do carvão estivessem em ação, é possível perceber um pico de idades em torno de 17.000 AP. Finalmente, na Figura 9d as idades calibradas foram agrupadas em três intervalos iguais de 6.000 anos: Tardiglacial (12 a 18 ka, n = 34); UMG (18-23 ka, n = 4); Pré-UMG (24 a 30 ka, n = 6). Mais uma vez, os resultados sugerem uma diminuição no número de idades durante o UMG. Neste caso, uma questão permanece: o que aconteceu entre esses primeiros sítios, com a “explosão” de sítios arqueológicos em toda a América do Sul por volta de 12.000 AP? A resposta mais simples é dizer que “o que aconteceu” foi o UMG. Mas podemos ir mais longe e pensar em (pelo menos) três possibilidades: uma está relacionada ao número de objetos deixados por essas populações, assumindo que elas estavam presentes na paisagem durante todo o período; a segunda

Em termos do *sinal arqueológico*, é quase um truísmo dizer que a detecção de evidência física (arqueológica) de qualquer comportamento humano é sempre retardada em relação ao início real de tal comportamento, por uma simples questão de probabilidade. A probabilidade de se encontrar um sítio é totalmente correlacionada ao número de sítios, e o mesmo pode ser dito para artefatos individuais. Por isso, o sinal arqueológico, aqui definido como a quantidade de evidências materiais do comportamento humano acumuladas em um determinado segmento da paisagem, é uma função do descarte bruto de artefatos. Se assumirmos que em sociedades pré-capitalistas a quantidade de artefatos descartados é proporcional ao tamanho da população, uma população pequena implica em uma baixa produção e descarte de artefatos, o que significa um baixo sinal arqueológico. No entanto, é difícil diferenciar um baixo sinal arqueológico da ausência efetiva de seres humanos, e este pode ser o caso se pequenos bandos de caçadores-coletores ficam demasiadamente separados, ou se a população diminui em resposta às mudanças climáticas rápidas. Dada a variabilidade cultural já mencionada que se observa na América do Sul em torno de 12.000 cal AP, o cenário mais parcimonioso não envolveria a extinção total dos primeiros colonos, mas a sobrevivência dos primeiros grupos humanos durante o UMG e Tardiglacial, talvez com um baixo sinal arqueológico. No entanto, se for este o caso, por que o sinal arqueológico não aumenta exponencialmente com o tempo, em vez de apresentar uma “depressão UMG”? Uma possível explicação tem a ver com o impacto dos processos geomórficos sobre o registro arqueológico.

Os modelos geomórficos apresentados na sessão anterior nos permitem explorar melhor o papel das mudanças climáticas rápidas no registro arqueológico, resumidas na Figura 11. Se temos um UMG frio e úmido, por exemplo (Figura 11, quadro 1), e as mudanças climáticas ocorrem no sentido de as condições se tornarem mais secas e quentes, haverá uma mudança florística (novas espécies de plantas colonizando o ambiente) sem uma mudança significativa na cobertura efetiva de vegetação. Assim, as taxas de erosão e sedimentação

(produção de sedimentos) serão baixas (Figura 11, quadro 2), o que aumenta as chances de preservação de qualquer sítio arqueológico pré-UMG. Porém, se o mesmo sistema passa por um período de seca durante o Holoceno médio, provavelmente haverá uma grande ruptura no equilíbrio entre cobertura vegetal e precipitação (Figura 11, quadro 3), potencialmente causando a erosão e retrabalhamento de sítios com mais de 5.000 anos.

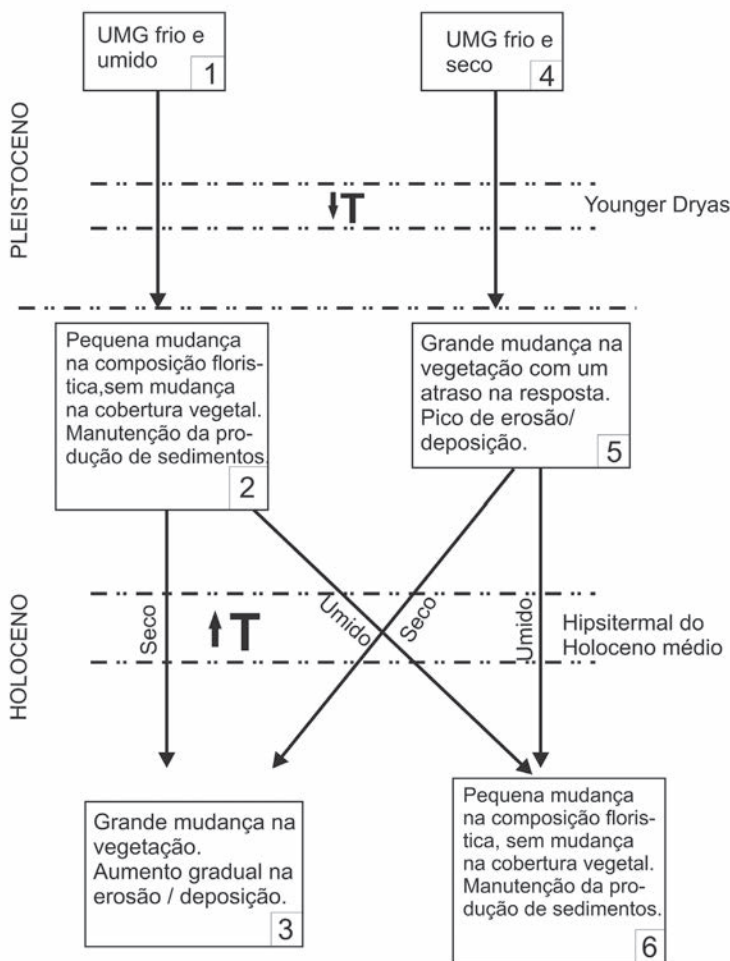


Figura 11: Situações hipotéticas onde dois sistemas ambientais sofrem mudanças climáticas ao longo do tempo.

Se o Holoceno médio for mais úmido, por outro lado, o sistema irá avançar para uma manutenção da produção de sedimentos reduzida (Figura 11, quadro 6). Neste caso, a preservação dos sítios é ideal. Por outro lado, se tivermos um UMG frio e seco (Figura 11, quadro 4), e se as mudanças climáticas ocorrerem rapidamente tendendo para um padrão úmido e mais quente, haverá um atraso até que a nova vegetação colonize o ambiente, o solo ficará desprotegido e altas taxas de erosão e deposição irão ocorrer (Figura 11, quadro 5); isto irá diminuir a probabilidade da preservação de eventuais sítios pré-UMG. Mais uma vez, durante o Holoceno médio, este sistema pode passar por mudanças tanto para seco ou úmido.

Naturalmente, este mesmo raciocínio pode ser aplicado a qualquer mudança abrupta do clima ao longo do período de interesse, ou os últimos 23.000 anos. Se nos voltarmos para os dados paleoambientais, podemos reconhecer vários períodos onde os indicadores sugerem fortes e rápidas oscilações climáticas em várias partes do leste da América do Sul, levando a condições “resistásticas”. Para citar alguns exemplos: a transição de uma floresta tropical plenamente desenvolvida em tempos pré-UMG, sofrendo uma redução considerável das florestas entre 23.000 e 12.000 cal AP, interrompida por um pico de umidade em torno de 17.000 cal AP em Colônia (LEDRU et al., 2009); as lacunas de sedimentação que são aparentes em vários registros do UMG em todo o SE e Centro do Brasil (LEDRU et al., 1998); os eventos de erosão generalizada e preenchimento do vale do rio Tamanduá entre 20.000 e 12.100 cal AP (TURCQ et al., 1997) e em Bananal entre 11.000 e 9600 cal AP (COELHO NETTO, 1999), ambos afetando os depósitos do UMG; os três episódios de acreção coluvial detectados por Modenesi-Gauttieri (2000) entre 22.000-17.300, 17.300-11.500 e 11.500-8.300 cal AP; um episódio de forte desnudação de vertentes detectado por Melo et al. (2003), em Ponta Grossa, região Sul do Brasil, a 19.000 cal AP; as fortes oscilações climáticas detectadas entre 17.300 e 16.400 AP em espeleotemas do Rio Grande do Norte (CRUZ et al., 2009a); a camada de areia dentro da argila orgânica na Lagoa do Caçó entre ca. 18.600 AP cal e 16.300

AP (LEDRU et al., 2002), e assim por diante. Quando entramos no Holoceno, essas mudanças climáticas rápidas (MCR) não cessam. Mayewski et al. (2004), com base em mais de 50 registros espalhados por todo o mundo, reconhecem pelo menos seis eventos de MCR que ocorreram em ca. 9000-8000 cal AP, 6000-5000 cal AP, 4200-3800 cal AP, 3500-2500 cal AP, 1200-1000 cal AP, e desde 600 cal AP. A assinatura e a força de cada evento é diferente em todo o mundo, mas eles podem imprimir mudanças consideráveis na paisagem. Pelo menos em algumas partes do Brasil, evidências de secura no Holoceno médio (ARAUJO et al., 2005; BEHLING, 2002; BUSH et al., 2007; LEDRU et al., 1996; LEDRU et al., 2009) ou de instabilidade climática (MEGGERS, 2007; RACZA, 2009) estão se tornando mais fortes.

O Impacto das mudanças climáticas em humanos: um exemplo do Brasil Central

Depois de explorar as consequências das mudanças climáticas no registro arqueológico, vamos voltar nossa atenção para as consequências das variações climáticas sobre os seres humanos. O assunto é vasto, e foi tratado por vários autores em diferentes partes do mundo, com diferentes graus de detalhe, algumas vezes carregando uma aura de determinismo e acalorado debate (DIAMOND, 2005; MCANANY e YOFFEE, 2010). No entanto, a minha posição pessoal é de que o clima deve ser sempre levado em consideração quando começamos a pensar em qualquer tema arqueológico, não porque os seres humanos são movidos pelo clima de uma forma determinista, mas simplesmente porque as explicações baseadas no clima e as expectativas subsequentes são um bom ponto de partida. E, claro, se os seres humanos não são deterministicamente afetados pelo clima, os artefatos por eles deixados com certeza são, como acabamos de ver.

Há cinco anos, observamos que havia uma forte depressão no sinal arqueológico para a região de Lagoa Santa, em meados do Holoceno (ARAUJO et al., 2005, 2006). As idades de radiocarbono obtidas por nosso projeto e por outros autores mostravam um comporta-

mento notável quando plotadas em intervalos de 500 anos: havia um pico de frequência entre 10.300 e 7.000 cal AP, e outro pico entre 1.960 e 900 cal AP, sem quaisquer idades entre elas, o que constituiria uma importante lacuna, de cerca de 5.000 anos, na ocupação humana. Em seguida, expandimos nosso conjunto de dados e percebemos que o mesmo padrão estava presente em vários outros estados, abrangendo uma área estimada de 920.000 km² no Brasil Central. Por outro lado, as porções nordeste, sudeste e sul do país não mostravam o mesmo padrão. Isso levou-nos a buscar a literatura paleoambiental e, não surpreendentemente, havia boas evidências de períodos de seca no Brasil Central em vários registros, o que nos levou a propor que a deterioração climática (secura) motivou os Paleoíndios de Lagoa Santa a se mudarem da área.

Nosso próximo passo foi ir em busca de sítios Paleoíndios a céu aberto, para ter certeza de que o empobrecido sinal arqueológico do Holoceno médio não era um viés colocado pelas escavações nos abrigos rochosos. Ao mesmo tempo, enviamos mais amostras de carvão dos abrigos para datação, além de iniciarmos um trabalho colaborativo com palinólogos, a fim de refinar os dados paleoambientais de Santa Lagoa.

Começando com os sítios líticos a céu aberto, encontramos pelo menos três deles, denominados Sumidouro, Coqueirinho e Lund, e os dados obtidos sugerem que os mesmos se agregam em dois períodos: entre 12.300 e 9.300 cal AP para Sumidouro e Coqueirinho e 2200 cal AP para Lund. Para o Sumidouro também obtivemos idades de luminescência que colocam os níveis paleoíndios entre 12.500 e 9900 AP (ARAUJO e FEATHERS, 2008). Com isso, ainda não há evidências de que houve uma ocupação ao ar livre durante o Holoceno médio. Essa visão mudou quando enviamos mais amostras dos três abrigos por nós escavados, chamados Lapa das Boleiras (32 idades de radiocarbono), Lapa do Santo (63 idades de radiocarbono) e Lapa Grande de Taquaraçu (13 idades de radiocarbono). Percebemos que havia, de fato, uma reocupação muito rápida no Holoceno médio, enquadrada entre 5.300 e 4.000 cal AP, ou durante cerca

de 1300 anos calêndricos. Assim, em vez de um grande intervalo de 5.000 anos sem qualquer sinal arqueológico, temos dois hiatos, um entre 7.000 e 5.300 cal AP e outro entre 4.000 e 2.000 cal AP. A julgar pela semelhança em termos de material lítico, a mesma população humana voltou à região em 5300 cal AP. Na verdade, se não fosse pelas idades de radiocarbono, nunca diríamos que houve um hiato de 1.700 anos na estratigrafia.

Finalmente, os dados de pólen reunidos por Oliveira e Racza (2009) em dois lagos, Lagoa Olhos d'Água e Lagoa dos Mares, não mostraram qualquer sinal claro de secura, e os lagos pareciam ser perenes, sem hiatos na sedimentação. Após um UMG frio e úmido, a vegetação foi gradualmente substituída por *taxa* tropicais, o que sugere um aumento na temperatura desde o início do Holoceno. No entanto, os autores detectaram uma forte oscilação de vários *taxa*, sugerindo um clima instável durante o Holoceno médio, com períodos de chuva forte seguidos por longos períodos de seca, de forma irregular. Assim, o abandono área poderia não ser desencadeado por uma seca generalizada, mas por um ambiente muito inconstante e, portanto, pouco confiável. Vale a pena notar que os Paleoíndios de Lagoa Santa baseavam fortemente sua subsistência em recursos vegetais, tal como sugerido pela elevada incidência de cáries dentárias, relacionada ao consumo de carboidratos (NEVES e CORNERO, 1997), e também pelos restos botânicos preservados nos abrigos (NAKAMURA et al., 2010). Assim, a composição florística da paisagem seria tão ou mais importante do que a caça. Creio que a breve reocupação humana (em termos geológicos) de 1.300 anos está ligada a um período curto de estabilidade do clima. É possível que esses períodos de estabilidade e instabilidade, que são obviamente muito impactantes e perceptíveis por seres humanos, nem sempre deixam um sinal claro nos sedimentos de lacustres. Os solos e as características geomorfológicas podem ajudar a elucidar esta questão.

É importante notar que as lacunas arqueológicas estão presentes não só em Lagoa Santa, mas em outras partes do Brasil, como a Amazônia (NEVES, 2007), bem como em várias partes da América

do Sul, como os Pampas (ARAUJO et al., 2006), NW da Argentina (NEME e GIL, 2009) e Chile (NUÑEZ et al., 2001). Essas lacunas estão relacionadas a um baixo sinal arqueológico. Isso não significa que as pessoas abandonaram totalmente essas áreas, e que nunca mais fizeram incursões nas mesmas, significa apenas que eles mudaram o foco de sua ocupação para outro lugar. Outra consequência importante dos dados de Lagoa Santa é que eles mostram a depopulação de uma área que está longe de ser um ambiente marginal, como é o caso de desertos ou locais de grande altitude.

Seja como for, Lagoa Santa oferece um bom exemplo de mudança no padrão de ocupação de grupos Paleoíndios, que provavelmente deslocaram o foco de sua ocupação para outro local, mantendo a região dentro de seu território. A continuidade clara na indústria lítica, depois de 1.700 anos de virtual ausência de sinal arqueológico, é um bom indício, e sugere que os Paleoíndios de Lagoa Santa mantiveram seus traços culturais bem além do Holoceno inicial.

PARA ONDE VAMOS? RUMO A ABORDAGENS GEO-INFORMADAS

Falar sobre a importância do que chamamos hoje em dia de “geoarqueologia” talvez seja desnecessário. Na verdade, a geoarqueologia é tão arraigada na arqueologia que não deveria ser encarada como uma especialidade, mas simplesmente como “arqueologia bem feita”, tanto do ponto de vista teórico como em termos de métodos (ARAUJO, 1999). A fim de abordar um determinado sítio, uma determinada região ou problema, devemos ter um quadro teórico geoarqueológico operando em nossas mentes (BUTZER, 1980), porque não importa o que estudemos, desde Paleoíndios até o período histórico, temos que encarar que a maioria das questões contemporâneas e relevantes só podem ser respondidas por meio de materiais, técnicas e equipamentos que estão além da tradicional abordagem “*Oryza et Phaseolus*”.

Um aspecto interessante da arqueologia do período Paleoíndio é que ela tem que se basear ainda mais em geoarqueologia, não

só porque os sítios muitas vezes são compostos apenas por rochas, mas também porque eles têm feito parte da litosfera por um longo tempo. A necessidade de utilização de uma abordagem geoarqueológica para se lidar com sítios Paleoíndios foi reconhecida desde os anos 1930, nos Estados Unidos (HOLLIDAY, 2009). No entanto, é ainda mais premente que usemos um raciocínio geoarqueologicamente embasado na pesquisa, ou o que eu chamo de uma *abordagem geo-informada*. Muito poucos sítios Paleoíndios nas Américas foram encontrados por meio de uma abordagem geo-informada, ou procedimentos de pesquisa explicitamente baseados em abordagens geomorfológicas / pedológicas / geológicas, a fim de encontrar sítios Paleoíndios (mas ver exceções em DREW, 1979; HOFFECKER, 1988; STAFFORD, 1995; MANDEL, 2008). Nas seções anteriores foi demonstrado que é necessário ter algumas pistas sobre que tipo de paleoambiente reinou em uma determinada área, e também quais processos geomórficos devem ser levados em consideração, tanto no passado como hoje. Foram apresentados também alguns aspectos da relação entre os paleoambientes, os seres humanos e os materiais que eles deixaram na paisagem, porém, deve-se ir além do reconhecimento de deficiências e necessidades, e adotar uma postura mais pró-ativa.

Um dos grandes problemas enfrentados na arqueologia do período Paleoíndio é resolver a questão dos sítios do final do Pleistoceno. Eles estão ao redor, e mesmo quando rejeitados por um grupo de estudiosos, eles ainda estão por aí. Reuniões de especialistas, a fim de verificar a validade de um determinado sítio, não funcionam mais como antes, no século XIX (BORRERO, 1995). Um bom exemplo é a Pedra Furada, considerado pouco confiável em meados de 1990 (MELTZER et al., 1994), mas só mais tarde publicado na íntegra por Parenti (2001) e, agora, contando com o suporte de pesquisadores franceses (por exemplo, FOGAÇA e BOEDA, 2006). Outro exemplo, talvez melhor, é Meadowcroft Rockshelter, no leste dos Estados Unidos. Como o coordenador da escavação afirmou, “não há nenhuma perspectiva de um fim” à controvérsia (ADOVASIO, 1999). Nós podemos sentar e esperar até o

dia em que estes locais serão “resolvidos” (que nunca vai acontecer) ou, alternativamente, podemos desenvolver uma abordagem geo-informada e ir atrás dos locais e métodos adequados para as nossas necessidades. Nossas necessidades são presentemente relacionadas ao aumento do sinal arqueológico e, por conseguinte, do tamanho da amostra de possíveis sítios do Pleistoceno. Apenas um padrão de sítios pode resolver o problema, dentro de uma abordagem regional (DUNNELL e DANCEY, 1983). A maioria dos sítios Paleoíndios nas Américas foram encontrados por acaso, ou porque eles estavam sendo erodidos e continham artefatos facilmente reconhecíveis, ou porque estavam abaixo de depósitos mais recentes, e alguém escavou um pouco mais profundo.

Talvez seja desnecessário dizer que não há uma receita, e que cada equipe tem que encontrar as melhores maneiras de procurar sítios Paleoíndios, mas podemos pensar em alguns tópicos básicos.

Aumentando o Sinal Arqueológico I: Microartefatos

Em nossa discussão anterior sobre as vicissitudes do sinal arqueológico, tornou-se claro que é difícil separar a total ausência de seres humanos em uma determinada paisagem, ou período, de um baixo sinal arqueológico. No entanto, existem várias maneiras de aumentar dramaticamente o sinal arqueológico, e uma delas está relacionada aos microartefatos. Microartefatos, definidos de maneira abrangente como qualquer produto da atividade humana menor que 2 milímetros, passaram a ser considerados seriamente como uma importante fonte de dados após o artigo seminal de Fladmark (1982). Fladmark não só produziu uma riqueza de dados experimentais, mas apontou para várias direções futuras para a análise de microartefatos, uma delas relacionada com seu potencial na detecção de sítios arqueológicos. Em suas palavras:

Location of deeply buried sites: (...) small samples of sediments obtained from buried strata (...) should allow lithic site verification rapidly, cheaply, and with minimum disturbance compared to current techniques of deep surface exploration.

Verification of problematical sites: Problematical sites, such as certain proposed New World early man localities, which cannot be “proved” due to absence of standard macroscopic indicators of cultural activity, may be verified by micro-debitage analysis (FLADMARK, 1982, p. 216).

O raciocínio é simples: de acordo com dados de Fladmark, um único seixo lascado por percutor duro produz cerca de 400 mil partículas na fração 0,125-0,063 mm. Isto significa que microartefatos são, de certa forma, equivalentes ao pólen, e podem ser considerados como um excelente indicador da presença humana.

Nos anos que se seguiram ao artigo de Fladmark, vários autores escreveram sobre o assunto (DUNNELL e STEIN, 1989; HULL, 1987; NICHOLSON, 1983; SHERWOOD et al., 1995; STEIN e TELTNER, 1989; VANCE, 1989). A maioria dos trabalhos foi dirigida para análise intra-sítio, mas Nicholson (1983) foi um dos poucos que tentou usar microartefatos na detecção de sítios. Sua tentativa foi muito bem sucedida, uma vez que o uso de microartefatos foi responsável pela maior taxa de detecção (32% contra 7% para poços de teste 1x1 m). Infelizmente, Nicholson concluiu que o método não era muito eficaz na detecção de sítios, já que não havia nenhuma relação espacial entre microartefatos e artefatos regulares. Ele concluiu que havia um “ruído de fundo” de microartefatos na paisagem, provavelmente devido à atividade eólica, já que ele estava trabalhando em um ambiente periglacial no Canadá. Hoje sabemos que não há razão para acreditar que microartefatos emulariam a distribuição espacial de suas contrapartes macroscópicas (DUNNELL e STEIN, 1989), mas esta característica deve ser explorada, e não lamentada.

Mais de uma década após o trabalho de Nicholson, Stafford (1995) apresentou um caso bem-sucedido de análise de microartefatos em um contexto regional, dentro de uma abordagem “siteless” ou de “não-sítios” (DANCEY, 1974; DUNNELL e DANCEY, 1983; FOLEY, 1981; THOMAS, 1975). Mesmo assim, 30 anos após a publicação do artigo de Fladmark, os microartefatos ainda não fazem parte da

análise arqueológica regular. É intrigante que hoje em dia a maioria dos artigos que lidam com microartefatos ainda estão relacionados à análise espacial intra-sítio, e a maioria deles aplicados a sítios do Neolítico do Oriente Médio ou em contextos de Arqueologia Clássica. O enorme potencial de microartefatos na sinalização da presença de humanos na paisagem, por meio de amostragem de sedimentos em massa, permanece praticamente inexplorado. Sonnenburg et al. (2011) é uma exceção auspiciosa na tendência atual, em que a análise de amostras de sedimentos provenientes do fundo de um lago levou à detecção de um sítio Paleoíndio submerso no Canadá.

Voltando aos ambientes tropicais, não há razão para acreditarmos que a atividade eólica vá criar um ruído de fundo de microartefatos. Se o ruído de fundo for criado, será por meio de processos fluviais, e isso só pode auxiliar na detecção de atividades humanas sobre a paisagem. Tomando um terraço fluvial como exemplo, microartefatos seriam acumulados depois de erodidos de um ou mais sítios arqueológicos. Mesmo se nenhum “sítio” for descoberto em um terraço fluvial em particular, uma análise de microartefatos poderia fornecer pistas sobre a eventual presença de seres humanos a montante e, sobretudo, uma idade mínima para esta presença, com base na datação por luminescência do terraço, ou mesmo dos microartefatos em si (SUSINO, 2007). Um esquema de amostragem com base na classe de drenagem (WARREN e O'BRIEN, 1981) poderia ser facilmente aplicado. Uma vez que a ocupação humana é sempre desigual na paisagem, e ocupações Paleoíndias provavelmente ainda mais, espera-se que algumas regiões (bacias hidrográficas) forneçam fortes evidências de sítios antigos, enquanto outras não.

Aumentando o Sinal Arqueológico II: Carvão e Pólen

A presença de carvão vegetal nos solos e sedimentos não é necessariamente relacionada com a presença de um sítio arqueológico mas pode ser um sinal de que houve seres humanos na paisagem. Isso não é muito útil quando lidamos com sítios do Holoceno médio

e final, mas pode ser muito esclarecedor quando começamos a recuar no tempo, e quando temos dados sólidos sobre o paleoambiente reinante. Bush et al. (2007) apresentam dois estudos de caso na Amazônia peruana e brasileira, onde a perfuração de sedimentos lacustres forneceu dados sobre a presença de seres humanos com base em carvão, pólen e fitólitos de milho (*Zea mays*) encontrados em um nível datado em 4000 cal AP no Lago Geral. Behling et al. (1998) também encontraram pólen de milho e mandioca (*Manihot esculenta*) em Botucatu, no sudeste do Brasil, a cerca de 3.000 cal AP (2.910 14C AP). A importância destes dados não pode ser subestimada, uma vez que estas idades são bem mais antigas do que o início do sinal arqueológico relacionado à domesticação de plantas nessas respectivas áreas.

Partículas de carvão encontradas em sedimentos lacustres também podem ser excelentes indicadores de presença humana, especialmente na Amazônia, onde as condições climáticas eram geralmente inadequadas para incêndios naturais. Bush et al. (2007) marcam esse ponto quando observam que durante os 50.000 anos de história recuperados na região dos Seis Lagos, apenas uma camada, em 5.600 cal AP, apresentou carvão. Behling (2001), trabalhando também na Amazônia (Lagoa Curuçá, próxima a Belém) não encontrou carvão vegetal em uma palinozona entre 13.600 e 12.700 cal AP (11.700 e 10.840 14C AP), mas começou a encontrar carvão entre 12.700 e 12.000 cal AP (10.840 e 10.270 14C AP), que atribuiu às atividades humanas, uma vez que as inferências paleoambientais não apoiam a presença de incêndios naturais. Essas idades estão de acordo com os dados recolhidos por Roosevelt et al. (1996), mas o ponto principal aqui é a possibilidade de saber que havia seres humanos na paisagem mesmo sem encontrar nenhum sítio arqueológico.

Esperar o Inesperado, e Ir Mais Fundo

Depósitos quaternários e processos geomórficos tropicais não são um tópico simples, nem mesmo para as pessoas que os estudam de forma regular. A menos que se esteja escavando na rocha alterada do em-

basamento, é praticamente impossível saber a idade do solo, e por isso, é melhor ir o mais fundo possível. Trados motorizados, ou operados manualmente, são extremamente úteis para se ir além da profundidade “regulamentar” de 1 m que a maioria dos trabalhos de arqueologia alcança, geralmente com o uso de cavadeiras, sendo realmente eficazes na detecção de sítios profundamente enterrados. Nossa experiência é que, com um trado manual do tipo “caneco”, um furo de 3 m de profundidade pode ser feito por uma única pessoa (em solo arenoso) em 17 minutos, peneiramento e registro incluídos. Outro fator que nossa experiência pessoal mostrou é que é melhor configurar quadrados de prospecção e uma malha regular para a execução das sondagens, seguindo o protocolo fielmente, do que localizar as sondagens de maneira “oportunistamente”, em locais onde se “acha” que os sítios estão, porque eles provavelmente não estarão lá, e porque a paisagem que vemos hoje não tem nada a ver com o que era há 12.000 anos atrás ou mais. A inversão de relevo é comum em ambientes tropicais (COELHO NETTO, 1999; COELHO NETTO e FERNANDES, 1990), e o morro de hoje pode ter sido o fundo do vale de ontem. A tradicional regra de ouro que pode-se encontrar sítios profundamente enterrados em baixas vertentes, porque é onde o sedimento se acumula, e sítios muito rasos em altas vertentes ou divisores de água, porque esses locais estão sendo erodidos, é muito dependente do contexto. Eu tive a oportunidade de trabalhar em pelo menos três sítios que quebraram essas duas leis. O desenvolvimento de protocolos para a detecção de microartefatos em tempo real, durante a perfuração, é outro tema que deve ser perseguido.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Meu objetivo foi o de apresentar algumas das implicações que os paleoambientes podem ter sobre os seres humanos e sobre os materiais que eles deixaram na paisagem. Como arqueólogos, só podemos esperar resolver a primeira questão por meio da abordagem da segunda.

Muitas perguntas sobre o povoamento das Américas estão dentro desta linha de pesquisa. Não há perspectiva de um fim, citando

Adovasio (1999), a menos que se aproxime o “problema” dos sítios antigos da América do Sul a partir de uma perspectiva regional, menos centrada em sítios e artefatos diagnósticos, e mais centrada (ou não-centrada) em líticos dispersos sobre a paisagem. Dado nosso estado atual de conhecimento, ninguém está realmente errado sobre o momento do povoamento das Américas e, inversamente, ninguém está realmente certo. Como cientistas, nós devemos tentar fazer de nossa coleta de dados um empreendimento maior que os nossos preconceitos.

REFERÊNCIAS

AB'SÁBER, A. N. Um conceito de geomorfologia a serviço das pesquisas do Quaternário. *Geomorfologia*, São Paulo, n. 18, 1969.

ABSY, M. L. et al. Mise en évidence de quatre phases d'ouverture de la forêt dense dans le sud-est de l'Amazonie au cours des 60,000 dernières années. Première comparaison avec d'autres régions tropicales. *Comptes Rendus d'Académie des Sciences*, Paris, Serie II, v. 312, p. 673-678, 1991.

ADOVASIO, J. No vestige of a beginning nor prospect for an end: Two decades of debate on Meadowcroft Rockshelter. In: BONNICHSEN, R.; TURMIRE, K. L. *Ice Age Peoples of North America: Environments, Origins, and Adaptations of the First Americans*. Corvallis: Oregon State University Press, 1999, p. 416-31.

ANDERSON, D. G.; GILLAM, C. J. Paleoindian colonization of the Americas: Implications from an examination of physiography, demography, and artifact distribution. *American Antiquity*, v. 65, p. 43-66, 2000.

ARAUJO, A. G. M. As geociências e suas implicações em teoria e métodos arqueológicos. *Revista do Museu de Arqueologia e Etnologia, Anais da I Reunião Internacional de Teoria Arqueológica na América do Sul*, São Paulo, Suplemento 3, p. 35-45, 1999.

ARAUJO, A. G. M.; FEATHERS, J. K. First notice of open-air Paleoamerican sites at Lagoa Santa: Some geomorphological and paleoenvironmental aspects, and implications for future research. *Current Research in the Pleistocene*, v. 25, p. 27-29, 2008.

ARAUJO, A. G. M. et al. Holocene dryness and human occupation in Brazil during the “Archaic Gap”. *Quaternary Research*, v. 64, p. 298-307, 2005.

ARAUJO, A. G. M. et al. Human occupation and paleoenvironments in South

America: Expanding the notion of an 'Archaic Gap'. *Revista do Museu de Arqueologia e Etnologia*, São Paulo, n. 15/16, p. 3-35, 2006.

ARAUJO, A. G. M.; PUGLIESE, F. The use of non-flint raw materials by Paleoindians in Eastern South America: A Brazilian perspective. In: STERNKE, F.; EIGELAND, L.; COSTA, L.J. *Non-Flint Raw Material Use in Prehistory: Old prejudices and New Directions*. BAR Series 1939. Oxford: Oxbow, 2009, p. 169-175.

AULER, A. S. et al. Series dating and taphonomy of Quaternary vertebrates from Brazilian Caves. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, v. 240, p. 508-522, 2006.

AULER, A. S.; SMART, P. L. Late Quaternary paleoclimate in semiarid Northeastern Brazil from U-Series dating of travertine and water-table speleothems. *Quaternary Research*, v. 55, p. 159-167, 2001.

BAKER, P. A. et al. The history of South American tropical precipitation for the past 25,000 years. *Science*, v. 291, p. 640-643, 2001.

BARBERI, M. *Mudanças Paleoambientais na Região dos Cerrados do Planalto Central Durante o Quaternário Tardio: O Estudo da Lagoa Bonita, DF*. Tese (Doutorado) – Universidade de São Paulo, 2001.

BARBERI, M.; SALGADO-LABOURIAU, M. L.; SUGUIO, K. Paleovegetation and paleoclimate of "Vereda de Águas Emendadas", central Brazil. *Journal of South American Earth Sciences*, v. 13, p. 241-254, 2000.

BATE, L. F. Culturas y modos de vida de los cazadores recolectores en el poblamiento de America del Sur. *Revista de Arqueología Americana* v. 2, p. 89-153, 1990.

BEHLING, H. Late Quaternary vegetation, climate and fire history of the *Araucaria* forest and campos region from Serra Campos Gerais, Paraná State (South Brazil). *Review of Palaeobotany and Palynology*, v. 97, p. 109-121, 1997.

BEHLING, H. Late Quaternary vegetational and climatic changes in Brazil. *Review of Palaeobotany and Palynology*, v. 99, p. 143-156, 1998.

BEHLING, H. Late Quaternary environmental changes in the Lagoa da Curuçá region (eastern Amazonia, Brazil) and evidence of Podocarpus in the Amazon lowland. *Vegetation History and Archaeobotany*, v. 10, p. 175-183, 2001.

BEHLING, H. South and southeast Brazilian grasslands during Late Quaternary times: a synthesis. *Paleogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, v. 177, p. 19-27, 2002.

BEHLING, H. Late Quaternary vegetation, fire and climate dynamics of Serra do Araçatuba in the Atlantic coastal mountains of Paraná State, southern Brazil. *Vegetation History and Archaeobotany*, v. 16, p. 77-85, 2007.

BEHLING, H.; BAUERMANN, S.; NEVES, P. C. P. Holocene environmental changes in the São Francisco de Paula region, southern Brazil. *Journal of South American Earth Sciences*, v. 14, p. 631-639, 2001.

BEHLING, H. et al. Late Quaternary vegetation and climate dynamics in the Serra da Bocaina, southeastern Brazil. *Quaternary International*, v. 161, p. 22-31, 2007.

BEHLING, H.; LICHTÉ, M. Evidence of dry and cold climatic conditions at glacial times in tropical Southeastern Brazil. *Quaternary Research*, v. 48, p. 348-358, 1997.

BEHLING, H.; LICHTÉ, M.; MIKLÓS, A. Evidence of a forest free landscape under dry and cold climatic conditions during the last glacial maximum in the Botucatu region (São Paulo State), Southeastern Brazil. In: RABASSA, J.; SALEMME, M. *Quaternary of South America and Antarctic Peninsula*. A. A. Balkema, Rotterdam, 1998, p. 99-110.

BEHLING, H.; NEGRELLE, R. B. Tropical rain forest and climate dynamics of the Atlantic Lowland, Southern Brazil, during the Late Quaternary. *Quaternary Research*, v. 56, p. 383-389, 2001.

BEHLING, H. et al. Late Quaternary Araucaria forest, grassland (Campos), fire and climate dynamics, studied by high-resolution pollen, charcoal and multivariate analysis of the Cambará do Sul core in southern Brazil. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, v. 203, p. 277-297, 2004.

BEHLING, H.; PILLAR, V.; BAUERMANN, S. Late Quaternary grassland (Campos), gallery forest, fire and climate dynamics, studied by pollen, charcoal and multivariate analysis of the São Francisco de Assis core in western Rio Grande do Sul (southern Brazil). *Review of Palaeobotany and Palynology*, v. 133, p. 235-248, 2005.

BEHLING, H.; SAFFORD, H. D. Late-glacial and Holocene vegetation, climate and fire dynamics in the Serra dos Órgãos, Rio de Janeiro State, southeastern Brazil. *Global Change Biology*, v. 16, p. 1661-1671, 2010.

BERRIO, J. C. et al. Late Holocene history of Savanna gallery forest from Carimagua area, Colômbia. *Review of Palaeobotany and Palynology*, v. 111, p. 295-308, 2000.

BIGARELLA, J. J.; MOUSINHO, M. R.; SILVA, J. X. Pediplanos, pedimentos e seus depósitos correlativos no Brasil. *Boletim Paranaense de Geografia*, n. 16/17, p. 117-151, 1965.

BORRERO, L. A. Human and natural agency: some comments on Pedra Furada (Brazil). *Antiquity*, v. 69, p. 602, 1995.

BORRERO, L. A. et al. The Pleistocene-Holocene transition and human occupations in the southern cone of South America. *Quaternary International*, v. 49/50, p. 191-199, 1998.

BURROUGHS, W. J. *Climate Change in Prehistory – The End of the Age of Chaos*. Cambridge: Cambridge University Press, 2005.

BUSH, M. B. et al. Amazonian paleoecological histories: one hill, three watersheds. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, v. 214, p. 359-393, 2004.

BUSH, M. B. et al. Holocene fire and occupation in Amazonia: records from two lake districts. *Philosophical Transactions of the Royal Society B*, v. 362, p. 209-218, 2007.

BUTZER, K. W. Context in archaeology: an alternative perspective. *Journal of Field Archaeology*, v. 7, p. 417-422, 1980.

CARNEIRO FILHO, A. et al. Amazonian paleodunes provide evidence for drier climate phases during the Late Pleistocene-Holocene. *Quaternary Research*, v. 58, p. 205-209, 2002.

CLARK, P. U.; MIX, A. C. Ice Sheets and sea level of the Last Glacial Maximum. *Quaternary Science Reviews*, v. 21, p. 1-7, 2002.

CLIMAP Project Members. Seasonal Reconstructions of the Earth's Surface at the Last Glacial Maximum. *Boulder, C.O.: Geological Society of America, Map and chart Series*, v. 36, 1981.

COELHO NETTO, A. L. Catastrophic landscape evolution in a humid region (SE Brazil): Inheritances from tectonic, climatic and land use induced changes. *Annals of the Fourth Conference on Geomorphology, Italy. Supplementi di Geografia Fisica e Dinamica Quaternaria*, v. III, p. 21-48, 1999.

COELHO NETTO, A. L.; FERNANDES, N. F. Hillslope erosion, sedimentation, and relief inversion in SE Brazil: Bananal, SP. Research Needs and Applications to Reduce Erosion and Sedimentation in Tropical Steeplands. *Proceedings of the Fiji Symposium, June 1990: IAHS-AISH*, n. 192, p. 174-182, 1990.

COLINVAUX, P. A. et al. A long pollen record from lowland Amazonia: Forest and cooling in glacial times. *Science*, v. 274, p. 85-88, 1996.

COLINVAUX, P. A.; DE OLIVEIRA, P. E.; BUSH, M. B. Amazonian and neotropical plant communities on glacial time-scales: The failure of the aridity and refuge hypotheses. *Quaternary Science Reviews*, v. 19, p. 141-169, 2000.

COOKE, R. Human settlement of Central America and northernmost South America (14,000-8000 BP). *Quaternary International*, v. 49/50, p. 177-190, 1998.

CHASE, B. Evaluating the use of dune sediments as a proxy for palaeo-aridity: A southern African case study. *Earth-Science Reviews*, v. 93, p. 31-45, 2009.

CHENG, C. H.; LEHMANN, J.; ENGELHARD, M. H. Natural oxidation of black carbon in soils: Changes in molecular form and surface charge along a climose-

quence. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, v. 72, p. 1598-1610, 2008.

CRUZ JR, F. W. et al. Insolation-driven changes in atmospheric circulation over the past 116,000 years in subtropical Brazil. *Nature*, v. 434, p. 63-66, 2005.

CRUZ JR, F. W. et al. Reconstruction of regional atmospheric circulation features during the late Pleistocene in subtropical Brazil from oxygen isotope composition of speleothems. *Earth and Planetary Science Letters*, v. 248, p. 495-507, 2006.

CRUZ JR, F. W. et al. Orbitally driven east-west antiphasing of South American precipitation. *Nature Geoscience*, v. 2, p. 210-214, 2009a.

CRUZ JR, F. W. et al. Orbital and millennial-scale precipitation changes in Brazil from speleothem records. In: VIMEUX, F.; SYLVESTRE, F.; KHODRY, M. *Past Climate Variability in South America and Surrounding Regions*. Springer, 2009b, p. 29-60.

CZAPLEWSKI, N. J.; CARTELLE, C. Pleistocene Bats from Cave Deposits in Bahia, Brazil. *Journal of Mammalogy*, v. 79, p. 784-803, 1998.

DANCEY, W. S. The archaeological survey: a reorientation. *Man in the Northeast*, v. 8, p. 98-112, 1974.

DE OLIVEIRA, P. E.; BARRETO, A. M.; SUGUIO, K. Late Pleistocene/Holocene climatic and vegetational history of the Brazilian caatinga: the fossil dunes of the middle São Francisco River. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, v. 152, p. 319-337, 1999.

DE MENOCA, P. B. Cultural responses to climate change during the Late Holocene. *Science*, v. 292, p. 667-673, 2001.

DIAMOND, J. The worst mistake in the history of the human race. *Discover Magazine*, May, p. 64-66, 1987.

DIAMOND, J. *Collapse. How Societies Choose to Fail or Succeed*. New York: Viking Press, 2005.

DILLEHAY, T. *The Settlement of the Americas – A New Prehistory*. New York: Basic Books, 2000.

DILLEHAY, T.; COLLINS, M. B. Early cultural evidence from Monte Verde in Chile. *Nature*, v. 332, p. 150-152, 1988.

DIXON, E. J. Human colonization of the Americas: timing, technology and process. *Quaternary Science Reviews*, v. 20, p. 277-299, 2001.

DREW, D. L. Early Early Man in North America and where to look for him: Geomorphic contexts. *Plains Anthropologist*, v. 24, p. 269 –281, 1979.

DUNNELL, R. C.; DANCEY W. S. The siteless survey: a regional scale data collec-

tion strategy. *Advances in Archaeological Method and Theory*, v. 6, p. 267-287, 1983.

DUNNELL, R. C.; STEIN, J. K. Theoretical issues in the interpretation of micro-artifacts. *Geoarchaeology*, v. 4, p. 31-42, 1989.

ERHART, H. *La genèse des sols en tant que phénomène géologique. Esquisse d'une théorie géologique et géochimique. Biostasie et rhéxistasie*. Paris: Masson, 1956.

FAIRBRIDGE, R. W. Hypsithermal. In: GORNITZ, V. *Encyclopedia of Paleoclimatology and Ancient Environments*. Springer: Dordrecht, 2009, p. 451-453.

FERRAZ-VICENTINI, K. R.; SALGADO-LABOURIAU, M. L. Palynological analysis of a palm swamp in Central Brazil. *Journal of South American Earth Sciences*, v. 9, p. 207-219, 1996.

FLADMARK, K. R. Routes: alternate migration corridors for Early Man in North America. *American Antiquity*, v. 44, p. 55-69, 1979.

FLADMARK, K. R. Microdebitage analysis: initial considerations. *Journal of Archaeological Science*, v. 9, p. 205-220, 1982.

FELICE, G. D. A controvérsia sobre o sítio arqueológico Toca do Boqueirão da Pedra Furada. *Revista Fundamentos*, n. 2, p. 144-178, 2002.

FOGAÇA, E.; BOEDA, E. A antropologia das técnicas e o povoamento da América do Sul pré-histórica. *Habitus*, v. 4, p. 673-684, 2006.

FOLEY, R. Off-site archaeology: an alternative approach for the short-sited. In: HODDER, I.; ISAAC, G.; HAMMOND, N. *Pattern of the Past – Studies in Honour of David Clarke*. Cambridge: Cambridge University Press, 1981.

FREITAS, H. A. et al. Late Quaternary vegetation dynamics in the Southern Amazon basin inferred from carbon isotopes in soil organic matter. *Quaternary Research*, v. 55, p. 39-46, 2001.

HADJAS, I. et al. Precise radiocarbon dating of Late-Glacial cooling in mid-latitude South America. *Quaternary Research*, v. 59, p. 70-78, 2003.

HAFFER, J.; PRANCE, G. T. Climate forcing of evolution in Amazonia during the Cenozoic: on the refuge theory of biotic differentiation. *Amazoniana*, v. 16, p. 579-607, 2001.

HOLLIDAY, V. T. Geoarchaeology and the search for the first Americans. *Catena*, v. 78, p. 310-322, 2009.

HOFFECKER, J. F. Applied geomorphology and archaeological survey strategy for sites of Pleistocene age: An example from Central Alaska. *Journal of Archaeological Science*, v. 15, p. 683-713, 1988.

HOOGHIEMSTRA, H.; VAN DER HAMMEN, T. Neogene and Quaternary de-

velopment of the neotropical rain forest: the forest refugia hypothesis, and a literature overview. *Earth-Science Reviews*, v. 44, p. 147-183, 1998.

HULL, K. L. Identification of cultural site formation processes through micro-debitage analysis. *American Antiquity*, v. 52, p. 772-783, 1987.

JACOB, J. et al. Major environmental changes recorded by lacustrine sedimentary organic matter since the last glacial maximum near the equator (Lagoa do Caçó, NE Brazil). *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, v. 205, p. 183-197, 2004.

JACOB, J. et al. Paleohydrological changes during the last deglaciation in Northern Brazil. *Quaternary Science Reviews*, v. 26, p. 1004-1015, 2007.

JOLLY, D.; HAXELTINE, A. Effect of low glacial atmospheric CO₂ on tropical African montane vegetation. *Science*, v. 276, p. 786-788, 1997.

KNOX, J. C. Valley alluviation in southwestern Wisconsin. *Annals of the Association of American Geographers*, v. 62, p. 401-410, 1972.

KUZYAKOV, Y. et al. *Soil Biology & Biochemistry*, v. 41, p. 210-219, 2009.

LATRUBESSE, E. M.; KALICKI, T. Late Quaternary paleohydrological changes in the upper Purus basin, southwestern Amazonia, Brazil. *Zeitschrift für Geomorphologie*, v. 129, p. 41-59, 2002.

LEDRU, M. P. Late Quaternary environmental and climatic changes in Central Brazil. *Quaternary Research*, v. 39, p. 90-98, 1993.

LEDRU, M. P. et al. Absence of Last Glacial Maximum records in lowland tropical forests. *Quaternary Research*, v. 49, p. 233-237, 1998.

LEDRU, M. P. et al. The last 50,000 years in the Neotropics (Southern Brazil): Evolution of vegetation and climate. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, v. 123, p. 239-257, 1996.

LEDRU, M. P. et al. Tropical climates in the game of two hemispheres revealed by abrupt climatic change. *Geology*, v. 30, p. 275-278, 2002.

LEDRU, M. P.; MOURGUIART, P.; RICCOMINI, C. Related changes in biodiversity, insolation and climate in the Atlantic rainforest since the last interglacial. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, v. 271, p. 140-152, 2009.

LEDRU, M. P. et al. Paleoclimate changes during the last 100,000 yr from a record in the Brazilian Atlantic rainforest region and interhemispheric comparison. *Quaternary Research*, v. 64, p. 444-450, 2005.

MANDEL, R. D. Buried paleoindian-age landscapes in stream valleys of the central plains, USA. *Geomorphology*, v. 101, p. 342-361, 2008.

MAJOR, J. et al. Fate of soil-applied black carbon: downward migration, leaching and soil respiration. *Global Change Biology*, v. 16, p. 1366-1379, 2010.

MAYEWSKI, P. A. et al. Holocene climate variability. *Quaternary Research* v. 62, p. 243-255, 2004.

MAYLE, F. E. et al. Vegetation and fire at the Last Glacial Maximum in tropical South America. In: VIMEUX, F.; SYLVESTRE, F.; KHODRY, M. *Past Climate Variability in South America and Surrounding Regions*. Springer, 2009, p. 89-112.

MCANANY, P. A.; YOFFEE, N. (Ed.) *Questioning Collapse. Human Resilience, Ecological Vulnerability, and the Aftermath of Empire*. Cambridge: Cambridge University Press, 2010.

MEGGERS, B. J. Mid-Holocene climate and cultural dynamics in Brazil and the Guianas. In: ANDERSON, D.; MAASCH, K.; SANDWEISS, D. *Climate Change and Cultural Dynamics: A Global Perspective on Mid-Holocene Transitions*. Elsevier, 2007, p. 117-155.

MEIS, M. R.; MOURA, J. R. Upper Quaternary sedimentation and hillslope evolution; southeastern Brazilian Plateau. *American Journal of Science*, v. 284, p. 241-254, 1984.

MELO, M. S. et al. Sedimentação quaternária no espaço urbano de Ponta Grossa, PR. *Geociências UNESP*, v. 22, p. 33-42, 2003.

MELTZER, D. J.; ADOVASIO, J. M.; DILLEHAY, T. On a Pleistocene human occupation at Pedra Furada, Brazil. *Antiquity*, v. 68, p. 695-714, 1994.

MIX, A. C.; BARD, E.; SCHNEIDER, R. Environmental processes of the ice age: land, oceans, glaciers (EPILOG). *Quaternary Science Reviews*, v. 20, p. 627-657, 2001.

MODENESI-GAUTTIERI, M. C. Hillslope deposits and the Quaternary evolution of the *altos campos* – Serra da Mantiqueira, from Campos do Jordão to the Itatiaia massif. *Revista Brasileira de Geociências*, v. 30, p. 508-514, 2000.

MOURA, J. S. Geomorfologia do Quaternário. In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. (Org.) *Geomorfologia: uma Atualização de Bases e Conceitos*. 3rd. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2003, p. 335-364.

MOURA, J. S.; MELLO, C. L. Classificação aloestratigráfica do Quaternário superior na região de Bananal (SP/RJ). *Revista Brasileira de Geociências*, v. 21, p. 236-254, 1991.

MOURA, J. S.; PEIXOTO, M. O.; SILVA, T. M. Geometria do relevo e estratigrafia do Quaternário como base à tipologia de cabeceiras de drenagem em anfiteatro – Médio vale do Rio Paraíba do Sul. *Revista Brasileira de Geociências*, v. 21, p. 255-265, 1991.

- MOURA, J. S.; SILVA, T. M. Complexo de rampas de colúvio. In: CUNHA, S.B.; GUERRA, A. T. *Geomorfologia do Brasil*. Rio de Janeiro: Bertrand, 2003, p. 143-180.
- NACSN – North American Commission on Stratigraphic Nomenclature. North American stratigraphic code, *American Association of Petroleum Geologists*, Bulletin 67, p. 841-875, 1983.
- NAKAMURA, C.; MELO J. R.; CECCANTINI, G. T. Macro-restos vegetais: uma abordagem paleoetnobotânica e paleoambiental. In: ARAUJO, A. G. M.; NEVES, W. A. *Lapa das Boieiras: Um Sítio Paleoíndio do Carste de Lagoa Santa, MG, Brasil*. São Paulo: Annablume / FAPESP, 2010, p. 159-187.
- NEME, G.; GIL, A. Human Occupation and Increasing Mid-Holocene Aridity. *Current Anthropology*, v. 50, p. 149-163, 2009.
- NEVES, E. G. El Formativo que nunca terminó: la larga historia de la estabilidad en las ocupaciones humanas de la Amazonía Central. *Boletín de Arqueología PUCP*, v. 11, p. 117-142, 2007.
- NEVES, W. A.; CORNERO, S. What did South American paleoindians eat? *Current Research in the Pleistocene*, v. 14, p. 93-96, 1997.
- NICHOLSON, B. A. A comparative evaluation of four sampling techniques and of the reliability of microdebitage as a cultural indicator in regional surveys. *Plains Anthropologist*, v. 28, p. 273-281, 1983.
- NIMER, E. *Climatologia do Brasil*. 2nd ed. Rio de Janeiro: IBGE, 1989.
- NORTH GREENLAND ICE CORE PROJECT MEMBERS. High-resolution record of Northern hemisphere climate extending into the last interglacial period. *Nature*, v. 431, p. 147-151, 2004.
- NUÑEZ, L.; GROSJEAN, M.; CARTAJENA, I. Human dimensions of Late Pleistocene/Holocene arid events in southern South America. In: MARKGRAF, V. *Interhemispheric Climate Linkages*. San Diego: Academic Press, 2001, p. 105-117.
- PARENTI, F. *Le Gisement Quaternaire de Pedra Furada (Piauí, Brésil) – Stratigraphie, Chronologie, Évolution Culturelle*. Éditions Recherche sur les Civilisations. Ministère des Affaires Étrangères, 2001.
- PARIZZI, M. G.; SALGADO-LABOURIAU, M. L.; KOHLER, H. C. Genesis and environmental history of Lagoa Santa, southeastern Brazil. *The Holocene*, v. 8, p. 311-321, 1998.
- PESSENDA, L. C. et al. The evolution of a tropical rainforest/grassland mosaic in southeastern Brazil since 28,000 14C yr BP based on carbon isotopes and pollen records. *Quaternary Research*, v. 71, p. 437-452, 2009.

PESSENDA, L. C.; GOUVEIA, S. E. M.; ARAVENA, R. Radiocarbon dating of total soil organic matter and humin fraction and its comparison with C14 ages of fossil charcoal. *Radiocarbon*, v. 43, p. 595-601, 2001.

RACZA, M. F. *Mudanças paleoambientais quaternárias na região de Lagoa Santa, MG, Brasil: A palinologia como subsídio para o entendimento do padrão de ocupação humana*. Dissertação (Mestrado) - Universidade de Guarulhos, Guarulhos, 2009.

RICK, J. W. Dates as data: an examination of the Peruvian preceramic radiocarbon record. *American Antiquity*, v. 52, p. 55-73, 1987.

ROBERTS, N., BARKER, P. Landscape stability and biogeomorphic response to past and future climate shifts in intertropical Africa. In: THOMAS, D. S. G.; ALLISON, R. J. (Ed.), *Landscape Sensitivity*. New York: John Wiley, p. 65-82, 1993.

ROOSEVELT, A. C. et al. Paleoindian cave dwellers in the Amazon: The peopling of the Americas. *Science*, v. 272, p. 373-384, 1996.

RICHERSON, P. J.; BOYD, R.; BETTINGER, R. L. Was agriculture impossible during the Pleistocene but mandatory during the Holocene? A climate change hypothesis. *American Antiquity*, v. 66, p. 387-411, 2001.

SALGADO-LABOURIAU, M. L. et al. Late Quaternary vegetational and climatic changes in cerrado and palm swamp from Central Brazil. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, v. 128, p. 215-226, 1997.

SANTOS, G. M. et al. A revised chronology of the lowest occupation layer of Pedra Furada Rock Shelter, Piauí, Brazil: the Pleistocene peopling of the Americas. *Quaternary Science Reviews*, v. 22, p. 2303-2310, 2003.

SAIA, S. E. et al. Last glacial maximum (LGM) vegetation changes in the Atlantic Forest, southeastern Brazil. *Quaternary International*, v. 184, p. 195-201, 2008.

SARGES, R. R.; NOGUEIRA, A. R.; RICCOMINI, C. Sedimentação coluvial pleistocênica na região de Presidente Figueiredo, nordeste do estado do Amazonas. *Revista Brasileira de Geociências*, v. 39, p. 350-359, 2009.

SHERWOOD, S. C.; SIMEK, J. F. & POLHEMUS, R. R. Artifact size and spatial processes: macro – and microartifacts in a Mississippian house. *Geoarchaeology*, v. 10, p. 429-455, 1995.

SIFEDDINE, A. et al. A 21000 cal years paleoclimatic record from Caçó Lake, northern Brazil: Evidence from sedimentary and pollen analysis. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, v. 189, p. 25-34, 2003.

SONNENBURG, E. P.; BOYCE, J. I.; REINHARDT, E. G. Quartz flakes in lakes: Microdebitage evidence for submerged Great Lakes prehistoric (Late Paleoindian–Early Archaic) tool-making sites. *Geology*, v. 39, p. 631-634, 2011.

STAFFORD, C. R. Geoarchaeological perspectives on paleolandscapes and regional subsurface archaeology. *Journal of Archaeological Method and Theory*, v. 2, p. 69-104, 1995.

STEIN, J. K.; TELTNER, P. Size distribution of artifact classes: combining macro- and micro-fractions. *Geoarchaeology*, v. 4, p. 1-30, 1989.

STEVAUX, J. C. Climatic events during the Late Pleistocene and Holocene in the Upper Parana River: correlation with NE Argentina and South-Central Brazil. *Quaternary International*, v. 72, p. 73-85, 2000.

SUSINO, G. J. *Analysis of lithic artifact microdebitage for chronological determination of archaeological sites*. Oxford: Archaeopress, 2007.

THOMAS, D. H. Nonsite sampling in archaeology; up the creek without a site? In: MUELLER, J. W. *Sampling in Archaeology*. University of Arizona Press, p. 61-81, 1975.

THOMAS, M. F. *Geomorphology in the Tropics – A Study of Weathering and Denudation in Low Latitudes*. New York: John Wiley & Sons, 1994.

THOMAS, M. F. Understanding the impacts of Late Quaternary climate change in tropical and sub-tropical regions. *Geomorphology*, v. 101, p. 146-158, 2008.

THOMAS, M. F.; THORP, M. B. Geomorphic response to rapid climatic and hydrologic change during the Late Pleistocene and Early Holocene in the humid and subhumid tropics. *Quaternary Science Reviews*, v. 14, p.193–207, 1995.

TURCQ, B.; PRESSINOTI, M. M. N.; MARTIN, L. Paleohydrology and paleoclimate of the past 33,000 years at the Tamanduá river, Central Brazil. *Quaternary Research*, v. 47, p. 284-294, 1997.

TSOAR, H. et al. The effect of climate change on the mobility and stability of coastal sand dunes in Ceará State (NE Brazil). *Quaternary Research*, v. 71, p. 217-226, 2009.

VANCE, E. D. *The Role of Microartifacts in Spatial Analysis*. Tese (Doutorado) - Seattle, University of Washington, 1989.

VILHENA-VIALOU, A. V. Santa Elina Rockshelter, Brazil: Evidence of the coexistence of man and *Glossoterium*. In: MIOTTI, L., SALEMME, M.; FLEGENHEIMER, N. *Where the south winds blow. Ancient evidence of paleo South Americans*. Texas, Center for the Study of the First Americans, A&M, p. 21-28, 2003.

VILHENA-VIALOU, A. V. Occupations humaines et faune éteinte du Pléistocène au centre de l'Amérique du Sud: L'abri rupestre Santa Elina, Mato Grosso, Brésil. In: VIALOU, D. *Peuplements et Préhistoire en Amériques*. Comité des Travaux Historiques et Scientifiques, Collection Documents Préhistoriques, v. 28, 2011, p. 193-208.

- WANG, X. et al. Interhemispheric anti-phasing of rainfall during the last glacial period. *Quaternary Science Reviews*, v. 25, p. 3391-3403, 2006.
- WANG, X. et al. Millennial-scale precipitation changes in southern Brazil over the past 90,000 years. *Geophysical Research Letters*, v. 34, p. L23701, 2007.
- WARREN, R. E.; O'BRIEN, M. J. Regional sample stratification: the drainage class technique. *Plains Anthropologist*, v. 26, p. 213-227, 1981.
- WATANABE, O. et al. Homogeneous climate variability across East Antarctica over the past three glacial cycles. *Nature*, v. 422, p. 509-512, 2003.
- WATERS, M.R.; STAFFORD, T.W. Redefining the Age of Clovis: Implications for the peopling of the Americas. *Science*, v. 315, p. 1122-1126, 2007.
- WENINGER, B.; JÖRIS, O.; DANZEGLOCKE, U. CalPal-2007, Cologne Radiocarbon Calibration, Palaeoclimate Research Package. 2012. Disponível em: <<http://www.calpal.de/>>. Acesso em: 21 ago. 2012.
- WRIGHT, J. D. Cenozoic climate change. In: GORNITZ, V. *Encyclopedia of Paleoclimatology and Ancient Environments*. Springer, 2009, p. 148-155.

Patrimônio arqueológico e fenômenos climáticos: como os fenômenos IOS podem afetar os sítios arqueológicos do Bioma Cerrado

Julio Cezar Rubin de Rubin¹

Nicali Bleyer Ferreira dos Santos²

Rosiclér Theodoro da Silva³

Maria Eloísa Cardoso da Rosa⁴

O presente capítulo estabelece algumas relações entre os Fenômenos Índice de Oscilação Sul (IOS) e a preservação do patrimônio arqueológico, especialmente o pré-histórico. Esta abordagem teve início com o trabalho apresentado por Rubin et al. (2012) na VI Reunião de Teoria Arqueológica da América do Sul (VI TAAS), realizado na cidade de Goiânia, Goiás, Brasil. O texto correlaciona estudos sobre os Fenômenos IOS no Bioma Cerrado, com as perdas de solos e os processos erosivos do bioma, discutidos no contexto arqueológico.

O Cerrado é o segundo maior bioma brasileiro, ocupando cerca de 23% do território. Sua distribuição abrange a região Sudeste, nos estados de Minas Gerais e São Paulo, e estende-se para parte das regiões Centro-Oeste, Norte e pequena porção do Nordeste, cortando diagonalmente o país no sentido nordeste-sudoeste (RIBEIRO e WALTER, 2008; COSTA e OLSZEWSKI, 2008; AGUIAR et al., 2004) (Figura 1).

1 Instituto Goiano de Pré-História e Antropologia, Pontifícia Universidade Católica de Goiás, Goiânia – Brasil. E-mail: <rubin@pucgoias.edu.br>.

2 Instituto do Trópico Subúmido, Pontifícia Universidade Católica de Goiás, Goiânia – Brasil. E-mail: <nicalibleyer@hotmail.com>.

3 Instituto Goiano de Pré-História e Antropologia, Pontifícia Universidade Católica de Goiás, Goiânia – Brasil. E-mail: <silva.rosicler@gmail.com>.

4 Universidade Federal da Bahia, Salvador – Brasil. E-mail: <eloisa.pucgo@gmail.com>.

É também reconhecido como a savana mais rica do mundo em biodiversidade, com a presença de diversos ecossistemas e riquíssima endemia de espécies vegetais (MYERS et al., 2000). Além de suas riquezas naturais, esse bioma abriga um importante patrimônio arqueológico, que aos poucos vem sendo identificado e estudado sob diversos aspectos.



Figura 1 – Mapa de localização do Cerrado e demais biomas do Brasil. Fonte: Ministério do Meio Ambiente e Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE, 2005.

FENÔMENOS IOS

Os Fenômenos Índice de Oscilação Sul (IOS) modificam e/ou intensificam as condições climáticas das diferentes regiões do Brasil. Sob influência do El Niño, a região Nordeste sofre com secas severas,

ao passo que a região Norte apresenta diminuição da precipitação com respectivo aumento de seca. Já as regiões Sul e Sudeste demonstram uma elevação da temperatura média e das precipitações. Sob influência de La Niña, as regiões Norte e Nordeste apresentam um aumento das precipitações e vazões de seus rios, enquanto a região Sul tende a passar por secas severas (BERLATO e FONTANA, 2003; BORSATO e SOUZA FILHO, 2006).

Para o Cerrado, há poucas discussões sobre essa temática, e os efeitos que tais fenômenos podem causar aos meios físico e biótico, como também aos sítios arqueológicos e conseqüentemente sua preservação, fato este que motivou a realização deste capítulo.

Os Fenômenos IOS são fenômenos climáticos de interação atmosfera-oceano associados a alterações dos padrões da temperatura superficial do mar e dos ventos alísios do Pacífico Equatorial, possuindo duas fases distintas: uma quente e outra fria (BERLATO e FONTANA, 2003).

O fenômeno El Niño consiste no aumento anormal das temperaturas das águas superficiais e sub-superficiais do Oceano Pacífico, enquanto que o fenômeno La Niña compreende a diminuição da temperatura. Segundo Oliveira (1999), os dois fenômenos acarretam uma gama de modificações no sistema de circulação atmosférica mundial, refletindo num cenário atípico das trocas de energia entre a atmosfera e a superfície que, por sua vez, repercute em alterações nos elementos climáticos como a temperatura, a precipitação e a umidade, produzindo um comportamento anômalo do clima em diversas regiões do globo terrestre.

Como dito anteriormente, para o Cerrado Brasileiro, os estudos sobre a influência do Fenômeno IOS ainda são modestos. Entretanto, sabe-se que a sua presença modifica a temperatura de superfície alterando a quantidade de umidade presente na atmosfera, interferindo diretamente nas grandezas que caracterizam as chuvas: altura pluviométrica, duração e intensidade e, por conseguinte, o ciclo hidrológico, uma vez que a precipitação é considerada o *in put* do ciclo.

Santos (2010), em estudo temporal no período de 2003 a 2008, constatou que no ano de 2003 houve um moderado evento influen-

ciado pelo El Niño e, que no ano de 2007, um forte evento de La Niña, conforme apresentado na Tabela 1, que repercutiram em anomalias espaciais e temporais de temperatura de superfície no Bioma Cerrado.

Tabela 1: Ocorrência de Fenômeno ENOS.

Período (ano)	Intensidade
EL NIÑO	
1990-1993	Forte
1994-1995	Moderada
1997-1998	Forte
2002-2003	Moderada
2004-2005	Fraca
2006-2007	Fraca
2009-2010	Fraca
LA NIÑA	
1995-1996	Fraca
1998-2001	Moderada
2007-2008	Forte

Fonte: CPTEC/INPE, 2011.

Nos anos de ocorrência de Fenômeno IOS, as temperaturas de superfície sofreram variações espaciais no Bioma Cerrado quanto ao seu valor, à localização de seus valores máximos e a ausência de dados provenientes das imagens orbitais, comprometidas pela intensa presença de nuvens – ocorrência de chuvas (SANTOS, 2010).

Posteriormente, Santos e Hermuche (2013), ao analisar a variabilidade termal superficial para os diferentes biomas brasileiros, constataram que para o Bioma Cerrado, os meses de julho e outubro de 2003 e 2007, respectivamente, obtiveram os valores termais mais elevados, com máximas acima de 40°C tanto para o ano sob influência do El Niño quanto para o ano sob influência do La Niña. As temperaturas de superfície mais elevadas verificadas sob influência do La Niña foram em 2007, ao passo que em 2003, sob a influência do El Niño observou-se temperaturas mais baixas em uma maior

extensão, juntamente com um aumento da nebulosidade (refletida na ausência de dados), na faixa limítrofe do Cerrado com o Bioma Amazônico, e temperaturas menos elevadas na porção sul do bioma, provavelmente relacionadas com latitudes mais baixas.

Ainda que preliminares, os dados orbitais observados apresentaram diversidade na ocorrência de chuvas da região, bem como nas variabilidades termais de superfície que influenciam diretamente na formação de chuvas locais, principalmente as denominadas convectivas. Esse tipo de precipitação ocorre com o aquecimento do ar úmido na vizinhança do solo, onde criam-se camadas de ar que se mantêm em equilíbrio instável. Quando esse equilíbrio é perturbado, forma-se uma brusca ascensão local de ar menos denso, que atingirá seu nível de condensação, formando nuvens e, muitas vezes, precipitações. *Essas chuvas são geralmente de grande intensidade e de pequena duração* (TUCCI, 2012)⁵.

Os sítios arqueológicos pré-históricos, sejam eles líticos, cerâmicos e/ou multicomponenciais, destacadamente a céu-aberto, estão sujeitos a impactos naturais e antrópicos. Dentre os processos naturais, destaca-se a erodibilidade (susceptibilidade do solo em consequência da erosão hídrica) e a erosividade (medida de potencialidade da chuva em causar erosão), que encontram-se diretamente relacionados com as perdas de solos e processos erosivos (Rubin *et al.* 2012).

No contexto arqueológico, o El Niño é o fenômeno mais preocupante em relação ao patrimônio cultural, pois aumenta significativamente a erosividade e a erodibilidade dos solos em função do aumento da intensidade das chuvas, conforme mencionado anteriormente, entretanto essas informações necessitam de melhores análises. O conhecimento do comportamento das chuvas e dos solos existentes nas diferentes regiões são ferramentas importantes para a predição das perdas por erosão e conseqüentemente dos impactos dessas perdas nos sítios arqueológicos.

Vários países têm utilizado como instrumento para a predição

5 Grifo nosso para ressaltar algumas variáveis consideradas fundamentais para a discussão proposta.

das perdas de solos a “equação universal de perdas de solo” (EUPS), desenvolvida nos Estados Unidos (WISCHMEIER e SMITH, 1965; WISCHMEIER e SMITH, 1978), que considera a erosividade da chuva, a erodibilidade do solo, algumas características topográficas e a cobertura vegetal.

Há no Brasil determinações dos valores de erosividade para as suas várias regiões, destacando-se em área de abrangência do Cerrado os estudos de Dedecek (1978), que determinou para Brasília o índice de erosividade de $8.319 \text{ MJ mm ha}^{-1}\text{h}^{-1}\text{ano}^{-1}$, e Silva et al. (1997) que encontraram valores de $8.353 \text{ MJ mm ha}^{-1}\text{h}^{-1}\text{ano}^{-1}$ para a região de Goiânia.

Também, Pereira *et al* (2009), em estudo sobre a erosividade na bacia hidrográfica de Cachoeira Dourada, situada entre os estados de Goiás e Minas Gerais, em área de Cerrado, constataram valores entre $7.000 \text{ MJ mm ha}^{-1}\text{h}^{-1}\text{ano}^{-1}$ e $9.000 \text{ MJ mm ha}^{-1}\text{h}^{-1}\text{ano}^{-1}$. Estes valores somados à intensidade pluviométrica indicam, segundo esses autores, que as principais áreas da bacia que se apresentam com potencial para fornecimento de material particulado (erodido) são as regiões sul e nordeste da bacia, graças ao seu material de origem.

Esses estudos corroboram com o de Cogo (1988), que afirma que o valor médio de erosividade para o Brasil varia e de 5.000 a $12.000 \text{ MJ mm ha}^{-1}\text{h}^{-1}\text{ano}^{-1}$.

Minuzzi et al. (2005), ao estudar a influência do El Niño na ocorrência e na duração dos veranicos para Minas Gerais, concluíram que ocorreu irregularidade na distribuição das chuvas quando se considerou as várias regiões do estado, constatando que no nordeste do estado houve tendência para que o índice pluviométrico ficasse abaixo da média, enquanto que na região sudoeste ocorreu o oposto. Em estudo realizado no Paraná, Waltrick (2010) concluiu que em períodos influenciados pelo El Niño a erosividade das chuvas chega a ser de 40 a 100% maior do que em períodos sem a influência do fenômeno.

Considerando que a erosão é desencadeada primeiramente pelo impacto das gotas de chuva sobre o solo o que, ao causar a quebra de agregados, facilita o transporte das partículas com subsequente

deposição do material desagregado, a quantidade e a intensidade das chuvas é fator importante no processo.

Waltrick (2010) ressalta em seu estudo que durante o El Niño há ocorrência de chuvas mais erosivas, e Paula (2010) constatou que o potencial erosivo das chuvas em Santa Maria/RS é afetado pelo Fenômeno IOS, de modo que um maior número de chuvas tem maior potencial erosivo em anos de El Niño.

Para Correia et al. (2004), os solos do Cerrado estão representados em seus 46% pelos Latossolos, mas quando se considera a área de abrangência desse bioma, a contribuição de outras classes como os Argissolos (15%), Neossolos Quartzarênicos (15%), Plintossolos (9%), Neossolos Litólicos (7%), Cambissolos (3%) e Nitossolos (2%) é expressiva.

Cada uma dessas classes apresenta a sua particularidade, e dentro da mesma classe muitas vezes quando se consideram as suas propriedades e atributos químicos, físicos, morfológicos, mineralógicos, e biológicos e se determinam alguns índices como, por exemplo, a capacidade de infiltração e de retenção de água, condutividade hidráulica e escoamento superficial, esperam-se comportamentos distintos no tocante à maior ou menor susceptibilidade à erosão hídrica. Não se pode, portanto, predizer o comportamento do solo somente considerando o seu aspecto pedogênico, embora este seja um bom indicativo.

No Brasil, distinguem-se solos que apresentam horizonte B latossólico (Latosolos) daqueles que apresentam diferentes conteúdos de argila entre os horizontes superficiais e subsuperficiais (Argissolos, Nitossolos, Planossolos, Luvisolos), e aqueles que apresentam o horizonte B pouco desenvolvido ou B incipiente (Cambissolos). Dessas classes, são mais comuns no Cerrado os Latossolos, Argissolos, Cambissolos e Nitossolos.

A erodibilidade de solos que apresentam B latossólico, conforme Denardim (1990) e Silva *et al* (2000), variou de 0,002 a 0,034 Mg h MJ⁻¹ mm⁻¹. Para Cambissolos, Bertol et al. (2002) encontraram valores de 0,0115 Mg h MJ⁻¹ mm⁻¹.

Silva et al. (2005), avaliando as perdas por erosão hídrica de solo em Cambissolos Háplicos e Latossolos Vermelhos distroféricos, constataram que as perdas médias anuais de solo foram de 205,65 Mg ha⁻¹ e 14,90 Mg ha⁻¹ para o Cambissolo e Latossolo, respectivamente. A grande diferença de valores encontrada para essas duas classes de solos foi explicada pela mineralogia, onde Latossolos, como este estudado, apresentam-se gibbsíticos, com altos teores de óxidos de ferro o que lhes confere grande agregação de forma granular e tamanho muito pequeno e alto grau de flocculação, resultando em alta porosidade e permeabilidade. Já os Cambissolos, por apresentarem pouca espessura do horizonte B, normalmente estrutura pouco desenvolvida e, quando localizados em áreas de relevo movimentado, têm-se constituído em sistemas muito instáveis (RESENDE et al., 1988).

Para solos com horizonte B que apresenta incremento de argila em relação ao horizonte A, os valores da erodibilidade foram de 0,004 a 0,45 Mg h MJ⁻¹ mm⁻¹ (DENARDIM, 1990; MARQUES et al. 1997a; b)

Tomando-se como base estudos sobre os impactos dos IOS sobre as perdas de solos e água, como os de Amado et al. (2002) em áreas de Argissolos Vermelhos sem cobertura vegetal, verificaram-se que durante o fenômeno El Niño as perdas de solo quando comparadas ao fenômeno La Niña foram muito maiores e apresentaram perdas da ordem de 276 Mg de solo por hectare/ano. Já Martins (2005), quando comparou os valores de erodibilidade em solos sob eucalipto, para as classes de Argissolos Amarelos e Plintossolos Háplicos, constatou maiores valores para estes últimos (0,017 t h MJ⁻¹mm⁻¹) e constatou em seu estudo a importância da mineralogia, da agregação e do fracionamento textural para a determinação dos valores de erodibilidade dos solos.

O conjunto dos fatores mencionados acentua ou origina processos erosivos como sulcos, calhas, ravinas e voçorocas, processos capazes de destruir ou comprometer a integridade dos sítios arqueológicos. Perdas de solos e processos erosivos podem afetar diretamente os sítios arqueológicos, principalmente os superficiais, e em menor

intensidade os subsuperficiais, em relação, por exemplo, à área de abrangência e à estratigrafia. A água de escoamento superficial, seja por fluxos linear ou laminar, pode transportar e dispersar os vestígios culturais por uma área superior ao contexto original e também alterar e/ou perturbar as estruturas arqueológicas e consequentemente os horizontes culturais, acarretando no comprometimento total e/ou parcial do sítio arqueológico.

Vale lembrar que esses processos podem ser intensificados pela variabilidade climática da região que, naturalmente, passa por períodos alternados de clima seco e chuvoso, que atuam diretamente na formação e desagregação dos solos, principalmente os que se apresentam desnudos de cobertura vegetal.

EL NIÑO E ARQUEOLOGIA

FAGAN (2009) estabelece uma série de considerações sobre o fenômeno El Niño, utilizando como exemplo a civilização Moche⁶ que se desenvolveu ao norte da costa peruana entre 100 e 800 a. C.

A veces, a mediados del siglo VI de nuestra era, un violento El Niño desencadenaba lluvias torrenciales y inundaciones catastróficas en la costa norte de Perú. Robustas y negras nubes se acumulaban cerca de la orilla (...) avanzaban sobre los valles fluviales costeros densamente poblados (...) luego, un viento arremolinado procedente del océano desencadenaba la gran precipitación y el agua, formando una sólida cortina, castigaba firmemente el valle. (...) Los diques cedían, los canales rebosaban y cientos de hectáreas de tierra irrigada se transformaban en un lago de agua dulce. (...) El trabajo de generaciones se desvanecía en unas pocas horas mientras los torrentes y las inundaciones arrastaban todo lo que encontraban ante sí (FAGAN 2009, p. 159-160).

6 Culturas Mochica e Chimú

A civilização Moche caracteriza-se por ter sua economia apoiada na agricultura praticada nos vales da costa do Pacífico aos contrafortes dos Andes. Devido a esta peculiaridade ambiental, esta civilização fomentou novas técnicas de sobrevivência como os canais de irrigação e o conhecimento do comportamento de cardumes do Pacífico. Entretanto, é sabido que a influência do El Niño e do La Niña, ciclos de secas, terremotos, entre outros, contribuíram para o declínio da civilização.

Los episodios violentos de El Niño fueran tan raros que relativamente poca gente presenció un incidente verdaderamente catastrófico. En una sociedad donde la esperanza de vida era de entre veinticinco y treinta y cinco años, los recuerdos generacionales eran cortos. Los grandes El Niño pronto se convertían en acontecimientos remotos, prácticamente imposibles de recordar salvo como catástrofes casi míticas recogidas por la tradición oral. Sin embargo, habían construido una sociedad con una cabeza demasiado pesada en comparación con el resto del cuerpo sobre el más tembloroso de los cimientos. Los agricultores se defendían contra la sequía recorriendo a sistemas de cultivo extensivo, pero dispersos en distintas regiones y que podían mantenerse con un trabajo relativamente sencillo. Cuando llegaba un El Niño verdaderamente violento o golpeaba una prolongada sequía, comunidades enteras se mudaban a diferentes asentamientos. (...) Pero, cuando El Niño de La Navidad presentaba su rostro más severo y lanzaba sus precipitaciones torrenciales, el daño inferido a los campos y las cosechas era de tal magnitud que la dispersión ya no era una solución y mucha gente pasaba hambre (FAGAN, 2009, p. 165-166).

En tales circunstancias, ¿cómo enfrenta una sociedad como ésta un embate excepcional de El Niño? Teniendo en cuenta la corta esperanza de vida que tenían los antiguos andinos, seguramente se basaran más en la memoria comunal que en

la individual. Como señalabra ya en 1971 el antropólogo de Nueva Guinea Ray Rappaport, los ritos religiosos fueran parte vital de la comunicación y validación de información, especialmente en regiones como la costa peruana, donde las condiciones podían cambiar en unas pocas semanas y las respuestas rápidas y flexibles eran decisivas (FAGAN, 2009, p. 168).

A relação entre o El Niño e o desaparecimento dos Moches esta baseado principalmente em informações obtidas na região de Quelccaya, localizada na Cordilheira Ocidental do Peru. Fagan (2009), Gill (2008), Fagan (2007), Anderson et al. (2007) e Dillehay e Kolata (2004) abordam Arqueologia e El Niño sob diferentes aspectos, sendo uma referência aos interessados no tema.

FENÔMENOS IOS E SÍTIOS ARQUEOLÓGICOS PRÉ-HISTÓRICOS

Os estudos preliminares sobre mudanças climáticas para o Bioma Cerrado até o momento produziram dados e informações que levam ao estabelecimento de novas condições, principalmente em relação às precipitações pluviométricas, indicando maior concentração e, portanto, mais intensas, acarretando no aumento da erosividade e da erodibilidade, e conseqüentemente as perdas de solos e o surgimento/desenvolvimento de processos erosivos.

Até o presente momento, não há projetos de pesquisa específicos para monitoramento destes fatores em sítios arqueológicos. Por outro lado, existem dados disponíveis sobre taxas de perdas de solos e índices de crescimento dos processos erosivos, oriundos de pesquisas relacionadas principalmente com pedologia, planejamento ambiental/territorial e geomorfologia, e é com base nesta realidade que a discussão envolvendo os sítios arqueológicos e as mudanças climáticas está ancorada.

Neste contexto, Rubin e Silva (2004) estabelecem algumas considerações sobre perdas de solos e arqueologia em área de Cerrado,

utilizando-se de uma aldeia hipotética, com taxas de perdas de solos disponíveis para a região em diferentes culturas e diferentes intensidades de ocupação da área:

Aldeia pré-colonial de um hectare abandonada:

1. se a mata nativa se restabelece rapidamente – camada de 3,3mm em 1000 anos é perdida;
2. se nesta mesma área a vegetação retorna como pastagem – camada de 14mm em 1000 anos é perdida
 - Aldeia de igual área que tenha permanecido durante 970 anos com mata nativa e 30 anos (os últimos) com cultivo de soja – camada de 60mm em 30 anos é perdida;
 - Aldeia de igual área onde a vegetação nativa retornou rapidamente, mas que nos últimos 300 anos foi utilizada por atividades agropecuárias, sendo 150 com pastagem, 100 anos com área de cultivo (mandioca) e mais 50 anos também com área de cultivo, neste caso com consórcio entre soja, feijão e milho – camada de 340 mm em 300 anos é perdida.

Os autores mencionam (p. 191) que

infelizmente, como no Brasil não há dados oriundos de monitoramento em áreas de sítios arqueológicos, o tema é tratado apenas no campo das hipóteses (...) os exemplos apresentados (...) estão intimamente relacionados à pesquisa arqueológica, devendo ser considerados nos trabalhos de campo, desde as interpretações referentes ao contexto ambiental dos sítios arqueológicos até a distribuição espacial dos vestígios culturais.

No mesmo trabalho apresentam também estudos de casos envolvendo sítios arqueológicos pré-históricos e processos naturais de transporte de massa do tipo corridas e escorregamentos, algumas das correlações possíveis e implicações quanto à interpretação e sítios arqueológicos pré-históricos e processos de erosão laminar e li-

near; algumas das correlações possíveis e implicações quanto à interpretação. Em um dos casos, a partir do monitoramento de sulcos, calhas e ravinas realizado em uma vertente utilizada com lavoura no município de Itauçu, Goiás, verificou-se que fragmentos de rocha migraram 1,2m na horizontal e 0,35m na vertical em um ano, que abrange períodos de clima seco e chuvoso.

Ressalte-se que os valores obtidos para os fragmentos de rocha servem de parâmetro para os vestígios arqueológicos, devendo ser vistos com reservas, já que foram obtidos sem um monitoramento sistemático (...) ainda no contexto do caso 3, a erosão laminar pode também retirar finas camadas de solo do local, geralmente de forma diferenciada sobre a superfície, uma vez que obstáculos como pedras, raízes, galhos podem diminuir a intensidade dos processos erosivos em determinados pontos. Este processo pode, com o passar do tempo, resultar em superfície total ou parcialmente rebaixada, irregular, deixando em planos diferentes vestígios contemporâneos (...) depositar material de montante, solo transportado, sobre o sítio arqueológico, cobrindo-o e mascarando a posição original dos vestígios arqueológicos. Uma amostragem por níveis artificiais pode colocar em diferentes níveis vestígios contemporâneos (...) (RUBIN e SILVA, 2004, p. 184).

Rubin et al. (2005) apresentam os resultados de pesquisas de monitoramento nas feições erosivas na bacia do rio Meia Ponte, região centro-sul do estado de Goiás, entre 2003 e 2004, sendo duas voçorocas e três ravinas. A voçoroca 1 apresentou um aumento médio de 0,39m no período, enquanto a voçoroca 2 apresentou um aumento de 0,22m. A ravina 1 de 0,36m, a ravina 2 de 0,38m e a ravina 3 de 0,25m. Os resultados indicam uma significativa velocidade de crescimento das voçorocas e das ravinas.

As Figuras 2, 3 e 6 a 12 apresentam as feições erosivas desenvolvidas em área com vestígios arqueológicos, e as Figuras 4 e 5,

também com feições erosivas, onde houve indicações da presença de vestígios culturais por parte de moradores, mas que em vistoria superficial de campo não foram localizados.



Figura 2 – Vertente com segmentos de alta e baixa declividade, onde o escoamento superficial originou sulcos e calhas (indicado pelas setas), proporcionando a movimentação horizontal e vertical de vestígios arqueológicos. Município de Itauçu, Goiás.



Figura 3 – Detalhe dos sulcos e calhas mencionados na foto anterior.



Figura 4 – Voçoroca desenvolvida no período de 10 anos em vertente de baixa declividade. Município de Itauçu, Goiás, monitorada por Rubin et al. (2005).



Figura 5 – Ravina desenvolvida em vertente de baixa declividade na área urbana de Goiânia, Goiás.



Figura 6 – Feições erosivas de pequeno porte no limite do sítio arqueológico Macaúba 2. Município de Arenópolis, Goiás.



Figura 7 – Segmento da voçoroca a montante do sítio arqueológico GO-CP-16. Município de Palestina de Goiás, Goiás.



Figura 8 – Vista frontal do sítio GO-CP-04, destacando-se o talude com matações na base. Município de Palestina de Goiás, Goiás.



Figura 9 – Processo erosivo na base do talude junto ao sítio arqueológico GO-CP-04. Município de Palestina de Goiás, Goiás.



Figura 10 – Detalhe de segmento do talude com exposição de blocos e matacões em consequência de sulcos e calhas. Sítio GO-CP-04. Município de Palestina de Goiás, Goiás.



Figura 11 – Sulcos e calhas contendo material lítico na área do sítio arqueológico GO-CP-13. Município de Palestina de Goiás, Goiás.



Figura 12 – Processo de ravinamento (indicado pelas setas) no limite do sítio arqueológico Emival. Município de Novo Gama, Goiás.

Os exemplos apresentados nas Figuras de 2 a 12 ilustram o tema em questão, permitindo algumas considerações básicas:

- No caso do sítio em abrigo GO-CP-04 (Figuras 8 a 10), o talude apresenta uma série de feições erosivas de pequeno porte (sulcos e calhas) além de duas ravinas nas extremidades, responsáveis pela instabilização do mesmo e por consequência do abrigo. A presença de folhelhos na base do abrigo agrava a situação, uma vez que trata-se de uma rocha extremamente friável.
- O sítio GO-CP-16 (Figura 7) encontra-se limitado pelo franco desenvolvimento da voçoroca, tanto para montante quanto para jusante, e pelos processos erosivos no talude da parte frontal do abrigo. Neste caso, o abrigo encontra-se ameaçado por processos erosivos convergentes.
- Situações como a dos sítios Macaúba 2 (Figura 6) e GO-CP-13 (Figura 11) são comuns, onde pequenas feições erosivas são consequência do escoamento superficial e do pisoteio constante do gado. A ação conjunta destes fatores é responsável pela maioria das feições erosivas cadastradas por Rubin et al. (2005) no alto rio Meia Ponte, Goiás. No caso do sítio GO-CP-13, junto aos sulcos são encontradas lascas e instrumentos arqueológicos.
- A ravina do sítio Emival (Figura 12) resulta da ação antrópica na área urbana a montante das atividades agropastoris desenvolvidas na área do sítio e principalmente do escoamento superficial das águas pluviais. Segundo informações obtidas no local, o processo erosivo desenvolvido em oito anos retirou uma faixa de aproximadamente 1000mx30m de solo e rocha alterada, tendo afetado parte do sítio arqueológico. Não obstante, segmentou a vertente, alterando a paisagem.

Seja em decorrência de episódios cíclicos de maior precipitação ou em um ambiente futuro sob novas condições climáticas, a velocidade dos fatores de instabilização dos sítios arqueológicos será maior, e por consequência, a possibilidade de comprometimento parcial e/ou destruição total dos sítios em um período de tempo mais curto.

CONCLUSÃO

Os dados referentes a perdas de solos, dos monitoramentos realizados em processos erosivos e das evidências obtidas nos sítios, além dos dados relativos aos Fenômenos IOS, estruturam um contexto preocupante em relação à gestão do patrimônio arqueológico em função do provável aumento da velocidade dos fatores envolvidos, colocando em risco a integridade dos sítios arqueológicos.

Apesar de ainda serem modestos os estudos sobre os fenômenos e a variabilidade climática no Bioma Cerrado, é possível perceber que a ocorrência de Fenômenos IOS provoca variabilidades em relação à presença de nuvens e a temperatura de superfície, diretamente relacionados à ocorrência de chuvas e aos processos de evapotranspiração entre a superfície e a atmosfera.

Em relação ao patrimônio cultural, com base em algumas das questões apresentadas, a abordagem do tema estabelece uma série de desafios para a comunidade arqueológica, principalmente em relação às medidas a serem adotadas na preservação dos sítios frente a episódios cíclicos ou frente a uma tendência de mudanças climáticas futuras.

Estes desafios estão relacionados com a necessidade de projetos de pesquisa voltados para o monitoramento de sítios arqueológicos, intensificação dos estudos dos Fenômenos IOS e estudos preliminares relacionados com medidas de proteção aos sítios. Até o momento, a arqueologia não possui dados primários de taxas de erosão/perdas de solos nos sítios arqueológicos do Bioma Cerrado, fundamental para o enfrentamento do tema deste capítulo.

Os projetos de monitoramento devem abarcar pelo menos 5 anos, e em diferentes ambientes do bioma, para que os dados produzidos apontem tendências concretas, a partir das quais as discussões se desenvolvam numa base segura. A inserção dos sítios arqueológicos no contexto das mudanças climáticas não pode ser colocada em segundo plano, uma vez que está relacionada com a preservação e com a gestão do patrimônio cultural.

A arqueologia brasileira encontra-se em franca expansão, não apenas com a formação de arqueólogos nos cursos graduação espalhados pelo país, mas também pelo aporte cada vez maior de profissionais de diferentes áreas do conhecimento. Esta pluralidade favorece ao desenvolvimento de projetos multidisciplinares para a investigação de temas como o abordado neste capítulo.

REFERÊNCIAS

- AGUIAR, S. M. L.; MACHADO, B. R.; FILHO-MARINHO, J. A diversidade biológica do Cerrado. In: AGUIAR, L. M. S.; CAMARGO, A. J. A. (Ed.). *Cerrado. Ecologia e Caracterização*. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2004, p. 17-38.
- AMADO, T. J. C. PROCHNOW, D.; ELTZ, F. L. F. Perdas de solo e água em períodos de anomalias climáticas: “El niño” e “La niña” no sul do Brasil. *R. Bras. Ci. Solo*, v. 26, p. 819-827. 2002.
- ANDERSON, D. G.; MAASCH, K. A.; SANDWEISS, D. A. (Ed.) *Climate change & cultural dynamics: a global perspective on Mid-Holocene transition*. San Diego: Elsevier, 2007.
- BERLATO, M. A.; FONTANA, D. C. *El Niño e La Niña: impactos no clima, na vegetação e na agricultura do Rio Grande do Sul*. Porto Alegre: UFRGS, 2003.
- BERTOL, I. et al. Erosividade das chuvas e sua distribuição entre 1989 e 1998 no município de Lages (SC). *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v. 26, p. 455-464. 2002.
- BORSATO, V. da A.; SOUZA FILHO, E. E de. A dinâmica climática em Porto Rico, PR. In: *SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA: os climas e a produção do espaço no Brasil*, 7., 2006, Rondonópolis. Anais do VII SBCG, Rondonópolis: DGEO-UFMT, 2006. 1 CD-ROM.
- CENTRO DE PREVISÃO DO TEMPO E ESTUDOS CLIMÁTICOS – CPTEC/ INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS – INPE. El Niño e La Niña, 2011. Disponível em: <<http://enos.cptec.inpe.br/>>. Acesso em: 10 out 2012.
- COGO, N. P. Conceitos e princípios científicos envolvidos no manejo de solo para fins de controle da erosão hídrica. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 21, 1988. Campinas. Anais... Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, p. 251-262, 1988.
- COSTA, M. L.; OLSZEWSKI, N. Caracterização da paisagem no Cerrado. In: FA-

LEIRO, F. G.; FARIAS NETO, A. L. (Ed.) *Savanas. Desafios e Estratégias para o Equilíbrio entre Sociedade, Agronegócio e Recursos Naturais*. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2008, p. 363-378.

DEDECEK, R. A. Capacidade erosiva das chuvas de Brasília-DF. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA SOBRE CONSERVAÇÃO DO SOLO, 2, 1978. Passo Fundo. **Anais...** Passo fundo: EMBRAPA-SNLCS, p. 157-161, 1978.

DENARDIN, J. R. Erodibilidade do solo estimada por meio de parâmetros físicos e químicos. Tese (Doutorado em solos e nutrição de plantas) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba-SP, 1990.

DILLEHAY, T. D.; KOLATA, A. L. *Long-term human response to uncertain environmental conditions in the Andes*. PNAS, March, v. 101, n. 12, p. 4325-4523, 2004.

FAGAN, B. *La corriente de El Niño e el destino de las civilizaciones: inundaciones, hambrunas y emperadores*. Barcelona: Gedisa, 2009.

FAGAN, B. *El largo verano de la era glacial a nuestros días*. Barcelona: Gedisa, 2007.

GILL, R. B. *Las grandes sequías Mayas: agua, vida y muerte*. México: FCE, 2008.

IBGE (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA). *Biomassas do Brasil*, 2005. Disponível em: <<http://mapas.mma.gov.br/i3geo/datadownload.htm>>. Acesso em: 25 jun. 2007.

MARQUES, J. J. G. S. M. et al. Adequação de métodos indiretos para estimativa da erodibilidade de solos com horizonte B textural no Brasil. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v. 21, n. 3, p. 447-456, 1997a.

MARQUES, J. J. G. S. M. et al. Estimativa e comparações dos fatores erosividade das chuvas e erodibilidade de solos com horizonte B textural no Brasil. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v. 21, n. 3, p. 457-465, 1997b.

MARTINS, S. G. *Erosão hídrica em povoamento de eucalipto sobre solos coesos nos Tabuleiros Costeiros, ES*. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) - Lavras: UFLA, 2005.

MINUZZI, R. B. et al. El Niño: ocorrência e duração dos veranicos do Estado de Minas Gerais. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 9, n.3, p. 364-371, 2005.

MYERS, N. et al. Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature*, v. 403, p. 853-858, 2000.

OLIVEIRA, G. S. de. *O El Niño e você: o fenômeno climático*. São José dos Campos: Transtec, 1999.

PAULA, G. M. et al. Influência do fenômeno El Niño na erosividade das chuvas na região de Santa Maria, RS. *R. Bras. Ci. Solo*, v. 34, p. 1315-1323, 2010.

PEREIRA, J. B. et al. Erosividade na bacia de drenagem do reservatório de Cachoeira Dourada-GO/MG, *Geofocus. Artículos*, n. 9, p. 290-316, 2009.

RESENDE, M.; CURI, N.; SANTANA, D. P. *Pedologia e fertilidade do solo: interações e aplicações*. Brasília: MEC: Esal: Potafos, 1988. 83 p.

RIBEIRO, F. J.; WALTER, T. M. B. As principais fitofisionomias do Cerrado. In: SANO, S.M.; ALMEIDA, S. P.; RIBEIRO, J. F. (Org.). *Cerrado. Ecologia e Fauna*. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2008.

RUBIN, J. C. R.; SANTOS, N. B. F.; SILVA, R. T. Patrimônio arqueológico e fenômenos climáticos: a influência dos fenômenos IOS nos sítios arqueológicos do Bioma Cerrado. In: *Reunión de Teoría Arqueológica de América del Sur, VI*, Resúmenes. Goiânia, 2012, 1 CD-ROM.

RUBIN, J. C. R. et al. Condicionantes naturais e antrópicos dos processos erosivos no alto rio Meia Ponte. *Estudos*, Goiânia, v. 32, p. 41-56, jan. 2005.

RUBIN, J. C. R.; SILVA, R. T. Arqueologia, dinâmica das vertentes e perdas de solos. *Ver. Do Museu de Arqueologia e Etnologia*, São Paulo, v. 14, p. 179-193, 2004.

SANTOS, F. B. N. HERMUCHE, M. P. Influência dos Fenômenos El Niño e La Niña na temperatura de superfície nos biomas brasileiros. *Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto – SBSR*. Foz do Iguaçu-PR, 2013. *In press*.

SANTOS, F. B. N. *Padrões de distribuições espaciais e temporais de temperatura de superfície no bioma Cerrado: Uma análise integrada a partir de dados orbitais de resolução moderada*. Tese (Doutorado em Ciências Ambientais) - Programa de Doutorado em Ciências Ambientais, Universidade Federal de Goiás, 2010.

SILVA, A. M. et al. Perdas de solo, água, nutrientes e carbono orgânico em Cambissolo e Latossolo sob chuva natural. *Pesq. agropec. bras.*, Brasília, v. 40, n. 12, p. 1223-1230. 2005.

SILVA, M. L. N. et al. Avaliação de métodos indiretos de determinação da erodibilidade de Latossolos brasileiros. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 35, n. 6, p. 1207-1220, 2000.

SILVA, M. L. N. et al. Índices de erosividade das chuvas da Região de Goiânia-GO. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília-DF, v. 32, n. 10, p. 977-985, 1997.

TUCCI, C. E. M. *Hidrologia: Ciência e Aplicação*. Porto Alegre-RS: Editora UFRGS, 2012.

WALTRICK, P. C. *Erosividade de chuvas no Paraná: atualização, influência do “El Niño” e “La Niña” e estimativa para cenários climáticos futuros*. Dissertação (Mestrado em Pedologia e Manejo do Solo) - Curitiba, Universidade Federal do Paraná, 2010.

WISCHMEIER, W. H.; SMITH, D. D. *Predicting rainfall-erosion losses from cropland east of the Rocky Mountains: Guide for selection of practices for soil and water conservation*. Washington, DC: USDA, Agricultural Handbook, v. 282, 1965, 47p.

WISCHMEIER, W. H.; SMITH, D. D. *Predicting rainfall erosion losses: a guide to conservation planning*. Washington, DC: USDA, 1978, 58 p.

CAPÍTULO IX

Arqueologia e geofísica: pesquisas interdisciplinares sobre o passado

Marisa Coutinho Afonso¹

GEOARQUEOLOGIA E GEOFÍSICA

A arqueologia apresenta vários campos de estudo como a geoarqueologia, a arqueometria e a bioarqueologia (zooarqueologia e arqueobotânica), necessários para a compreensão dos ecossistemas pré-históricos (BUTZER, 1982). A geofísica, pelo seu caráter interdisciplinar envolvendo as ciências da terra e a física, pode ser considerada dentro da Geoarqueologia (aplicação de métodos das ciências da terra para ajudar a resolver problemas arqueológicos) ou dentro da Arqueometria (uso de métodos físicos e químicos).

A maior parte dos métodos e técnicas empregados nas investigações geofísicas foi desenvolvida originalmente para aplicações nas áreas da geologia, da engenharia civil e do meio ambiente. No caso da arqueologia, há duas particularidades: as dimensões das feições/artefatos arqueológicos, menores que os alvos geofísicos habituais, e a profundidade em que se encontram, mais rasa. Pela necessidade de se pesquisar os problemas específicos da arqueologia, uma subdisciplina começou a ser desenvolvida com o nome de geofísica arqueológica (*archaeological geophysics*) ou arqueogeofísica (*archaeogeophysics*).

Os métodos geofísicos podem ser divididos em duas áreas distintas: métodos com fontes passivas (campo natural), que medem as variações das propriedades físicas naturais do meio, como magnetismo, susceptibilidade, gravidade, radioatividade etc. e métodos com fontes ativas (campo induzido), que produzem alterações no meio para medir o comportamento do terreno, como os métodos elétricos,

¹ Museu de Arqueologia e Etnologia, Universidade de São Paulo, São Paulo – Brasil.
E-mail: <marisa.afonso@usp.br>.

eletromagnéticos, sísmicos etc. (GOMES, 2003; GOLDBERG; MACPHAIL, 2006).

A prospecção arqueológica começou a empregar métodos magnetométricos, gamaespectrométricos e de georadar para o melhor detalhamento das feições dos sítios arqueológicos, com a localização de estruturas e artefatos. Estes métodos auxiliam na localização de áreas de interesse arqueológico que podem ser objeto de intervenções, com a abertura de sondagens, trincheiras e áreas de escavação. Considerando que todo o processo que envolve a escavação arqueológica é demorado, dispendioso e promove a destruição do sítio, métodos que tornem este processo mais direcionado permitem o melhor uso do tempo e a preservação de maiores partes dos sítios arqueológicos, minimizando as áreas de intervenção.

Os levantamentos geofísicos de investigação rasa permitem o mapeamento de variações nas propriedades físicas do solo, e episódios antigos tendem a alterar as propriedades físicas do solo deixando registros materiais que auxiliam na reconstituição de aspectos importantes daquelas ocupações (AFONSO et al. 2005; MENDONÇA et al. 2005).

A APLICAÇÃO DE MÉTODOS GEOFÍSICOS NA PESQUISA ARQUEOLÓGICA

Clark (1990), no prefácio do livro *Seeing Beneath the Soil. Prospecting methods in archaeology*, afirmou que quando começou a escrevê-lo pensou que seria razoavelmente fácil fazer uma revisão geral e de alcance global da prospecção geofísica em arqueologia. No entanto, conforme o trabalho foi progredindo, notou que seria impossível abranger este tema totalmente, e escreveu o livro como um manifesto para os métodos adotados e desenvolvidos na Grã-Bretanha, como resistividade, magnetometria, susceptibilidade magnética, *Ground Penetrating Radar* (georadar – GPR) etc.

Segundo Clark (1990), August Pitt-Rivers, pioneiro da arqueologia científica, foi o primeiro a descrever o uso de um método “geofí-

sico” de detecção arqueológica em seu livro *Excavations in Cranborne Chase*, quando tratou do trabalho realizado em Handley Down, Dorset, Inglaterra, de 1893 a 1895. Pitt-Rivers usou a picareta para produzir sons, percebendo que eram mais profundos na área escavada do que na superfície não perturbada. Pela variação no som, identificou o *Angle Ditch*, um fosso da Idade do Bronze.

Vários livros de geoarqueologia apresentam discussões sobre os métodos geofísicos, suas aplicações, resultados, problemas etc. Para Kvamme (2001), o crescente alto custo de realização da pesquisa arqueológica e a necessidade de se definir a estrutura do sítio minimizando os esforços na escavação, além das questões éticas que envolvem a conservação do sítio e o uso de procedimentos não invasivos, explicam o uso dos métodos geofísicos de superfície, que permitem maior eficiência na coleta de dados e a redução de custos. Este autor revisou os princípios geofísicos básicos e tecnologias, instrumentação, métodos de campo e métodos de processamento de dados, além de apresentar estudos de caso. Produziu uma tabela indicando as características dos métodos de prospecção subsuperficial (magnéticos, resistividade, condutividade eletromagnética e GPR) como limites de profundidade, efeitos das árvores, vantagens e desvantagens, custos etc. Concluiu que a arqueogeofísica é uma disciplina de rápida evolução, cada vez mais especializada e de utilidade crescente para a comunidade arqueológica. Também enfatiza os benefícios positivos do emprego de vários métodos geofísicos usados simultaneamente em uma mesma região.

Goldberg e Macphail (2006), no livro sobre geoarqueologia prática e teórica, apresentam os métodos geofísicos de investigação rasa como um dos métodos de campo empregados com grande intensidade nos estudos geoarqueológicos. Para os autores, as técnicas geofísicas têm sido aplicadas desde a metade do século XX, mas seu uso, particularmente na Inglaterra, tornou-se rotineiro a partir da década de 1980.

Para Goldberg e Macphail (2006), a geoarqueologia começa no campo, porque é ali onde as observações são feitas e os dados iniciais

são gerados. No capítulo sobre os métodos geoarqueológicos de campo, ao lado de métodos de escala regional, como o uso de imagens de satélite e fotografias aéreas, mapas topográficos, geológicos e pedológicos, técnicas de confecção de tradagens e trincheiras, descrição de solos e sedimentos e a coleta de amostras, os autores citam os métodos geofísicos rasos (resistividade, sismologia e georadar). Descrevem os métodos geofísicos empregados para examinar e revelar sítios e feições arqueológicas subsuperficiais, e observam que há vários fatores que influenciam a eficiência do levantamento geofísico, como vegetação, afloramento e tipo de solo. Em uma tabela, Goldberg e Macphail (2006, p. 313) apresentam algumas técnicas geofísicas mais comuns usadas em arqueologia (magnetometria, resistência elétrica e GPR) e os atributos associados.

No editorial do primeiro volume do periódico *Archaeological Prospection*, em 1994, a prospecção arqueológica é definida como a localização e a identificação não intrusivas das feições arqueológicas. Embora publique artigos sobre sensoramento remoto e outros tipos de prospecção arqueológica, *Archaeological Prospection* tornou-se um veículo muito importante para divulgar os trabalhos geofísicos/arqueogeofísicos, embora não o único. O volume 12 (2005) assinalou uma mudança dos editores, com uma discussão sobre o futuro da publicação. Para os novos editores, o estágio da mera “prospecção” já tinha sido ultrapassado, pois a habilidade de elaborar mapas e imagens de feições invisíveis e mudanças sutis no solo pode ser usada para testar hipóteses sobre questões antropológicas como interações sociais, mudança cultural, padrão de assentamento ou várias outras idéias geográficas, ambientais ou geológicas referentes ao passado. No editorial comemorativo dos 15 anos do periódico (volume 15, 2008), os editores observam a maior abrangência geográfica dos números atuais com relação ao início, mais europeu, e também apontam como a maior tendência para utilizar métodos de levantamento integrados com uma grande variedade de técnicas pode ajudar a responder muitas questões referentes ao passado humano.

A APLICAÇÃO DE MÉTODOS GEOFÍSICOS NA PESQUISA ARQUEOLÓGICA NO BRASIL

No Brasil, as primeiras pesquisas interdisciplinares, que envolveram arqueologia e geofísica, começaram no Estado do Pará, com a atuação de José Seixas Lourenço e equipe, na década de 1970.

ALVES (1979) elaborou uma dissertação de mestrado em geofísica na Universidade Federal do Pará, com orientação de José Seixas Lourenço, considerada como a primeira aplicação de métodos geofísicos à pesquisa de sítios arqueológicos no Brasil. Pesquisou dois sítios arqueológicos paraenses: sítio PA-AS-4 (município de Marapanim), da tradição Mina, e o sítio “Ilha dos Bichos”, um teso na Ilha de Marajó, fase Marajoara. No primeiro sítio, aplicou o método magnético e no segundo, além do magnético, o de resistividade elétrica. Com o método magnético, identificou locais de queima de argila, antigos fornos e uma urna funerária sob espessa camada de argila. Com o método de resistividade elétrica, foi possível determinar a camada de ocupação e estimar sua profundidade, além de localizar camadas compactas de argila, planas e horizontais, de origem arqueológica.

Nas conclusões, Alves (1979, p. 51) apontou que: “A arqueologia brasileira tem características próprias, diferentes, sobretudo da arqueologia da Europa onde métodos geofísicos têm sido usados. Assim, apesar da diversidade fica comprovada a hipótese de trabalho levantada na introdução da presente Tese, uma vez que os resultados obtidos principalmente no sítio Ilha dos Bichos (PA-JO-21), na Ilha do Marajó, permitiram detectar estruturas arqueológicas e como tal antigos locais de ocupação humana.” O primeiro trabalho de aplicação de métodos geofísicos mostrou a necessidade de adequação destes métodos à realidade dos sítios arqueológicos no Brasil, e apresentou os bons resultados na aplicação de mais de um método em um mesmo sítio arqueológico.

Esta tradição no trabalho interdisciplinar de geofísica e arqueologia, iniciado na década de 1970, continua até hoje com muita vitalidade. Luiz (2010) sintetizou e discutiu as pesquisas geofísicas

aplicadas à arqueologia no Estado do Pará, lembrando desde os primeiros trabalhos realizados por Lourenço e Alves (ALVES, 1979; ALVES; LOURENÇO, 1981), seguidos por pesquisas na Ilha de Marajó (ROOSEVELT, 1991). Nas pesquisas desenvolvidas nos sítios Teso dos Bichos e Guajará, Bevan e Roosevelt (2003) avaliaram que o método mais efetivo foi o magnético, apesar do uso de outros métodos como eletromagnéticos, eletrorresistividade e GPR, e notaram que as feições arqueológicas estavam normalmente associadas aos baixios do campo magnético. Estes pesquisadores também realizaram investigações geofísicas nos sítios Taperinha e Santarém (município de Santarém): no primeiro, um sambaqui fluvial, métodos de eletrorresistividade, GPR e sísmico de refração permitiram identificar camadas de conchas intercaladas na terra preta e areia; no segundo sítio, o GPR mostrou os melhores resultados (ROOSEVELT, 2007).

Luiz (2010) apresentou também os trabalhos mais recentes realizados nos sítios Cacoal (PA-JO-49), município de Anajás, Ilha do Marajó, onde medidas magnéticas e GPR foram elaboradas (BARRADAS et al., 1999); Domingos (PA-AT-247), município de Canaã dos Carajás (LUIZ; PEREIRA, 2005); Bittencourt (PA-BA-83), município de Abaetetuba (ARAGÃO et al. 2005, 2010); Jaburu do Rio Paru (município de Almeirim), com a aplicação de métodos magnético, cintilométrico de radiação gama e GPR (ARAGÃO, 2006); Alunorte (PA-BA-84), município de Barcarena; Jambuaçu (PA-BA-85), município de Moju; Joanes (PA-JO-46), município de Salvaterra na Ilha de Marajó; Pacoval (PA-ST-24), município de Prainha. Para LUIZ (2010), os exemplos que apresentou mostram os resultados satisfatórios da aplicação de métodos geofísicos na prospecção arqueológica, e que o método magnético teria a melhor resposta no caso de materiais cerâmicos, artefatos relacionados com o uso do fogo ou artefatos metálicos.

As pesquisas geofísicas aplicadas à arqueologia começaram no Estado do Pará e logo foram empregadas em vários tipos de sítios em diversos estados brasileiros, a ponto de tornar bem difícil uma síntese dos trabalhos já realizados e em andamento, e que extrapola-

ria o número de páginas deste capítulo de livro. Na verdade, isto só denota a versatilidade da aplicação da geofísica em arqueologia e o crescimento de um campo de conhecimento interdisciplinar bastante significativo.

Como exemplos da versatilidade das pesquisas interdisciplinares, podem ser citados os trabalhos nos sítios cerâmicos Serrano e Morro Grande, município de Araruama, Rio de Janeiro, para a detecção de urnas funerárias em sítios tupinambá com GPR (CEZAR, 1999; CEZAR et al. 2001; GASPAR et al. 2004); nos sambaquis litorâneos em Santa Catarina (RODRIGUES et al. 2009; RODRIGUES, 2010; RODRIGUES et al. 2010; SANTOS et al. 2009); nos sambaquis fluviais na bacia do rio Ribeira de Iguape, com estudos de radiometria e magnetismo do solo em sítios conchíferos (BRITO et al., 1999; BRITO-SCHIMMEL et al. 2002; CARVALHO et al. 2001; GOMES, 2003); em sítios em abrigos em área cárstica (PORSANI et al. 2010); em arqueologia histórica (BARRADAS et al. 2001; CAMARGO, 2002, com o desenvolvimento de um magnetômetro subaquático por Francisco Yukio Hiodo, para intervenções arqueológicas subaquáticas em Cananéia, sul de São Paulo; MELO, 2007; MELO et al. 2007 no Engenho Murutucu, Pará e SOUZA, 2012).

ESTUDOS DE CASO

Há muitos exemplos de pesquisas geofísicas aplicadas em sítios arqueológicos de diferentes tipos e regiões brasileiras nestes mais de 30 anos de trabalhos interdisciplinares, que mostram a vitalidade e também a atualidade desta abordagem.

Dois exemplos de pesquisas realizadas nos Estados de São Paulo e Paraná por equipes do Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas da USP (IAG/USP) e do Museu de Arqueologia e Etnologia da USP (MAE/USP) serão apresentados com mais detalhe. Ambos se relacionam ao projeto “Investigações geofísicas em sítios arqueológicos de grande porte: testes de campo em sítios Guarani, kaingang e de sambaqui fluvial”, coordenado por Carlos

Alberto Mendonça (IAG/USP), com auxílio financeiro da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), e que teve o intuito de avaliar as propriedades geofísicas de sítios representativos da arqueologia brasileira e definir procedimentos adequados de investigação.

Sítio Piracanjuba

O sítio Piracanjuba situa-se no município de Piraju, sul do Estado de São Paulo, à margem esquerda do rio Paranapanema, e sua pesquisa foi coordenada por José Luiz de Moraes (MAE/USP), no salvamento arqueológico da UHE Piraju (Figura 1).

Quatro manchas de solo antropogênico foram localizadas, e o conjunto foi interpretado como sendo remanescente de uma aldeia ocupada pelas populações agricultoras do século XIV ao XVII, pelo menos (AFONSO et al. 2005). Fragmentos de cerâmica foram datados por termoluminescência pelo Laboratório de Vidros e Datação da Faculdade de Tecnologia de São Paulo (FATEC): 480 ± 50 anos; 580 ± 70 ; 530 ± 60 ; 360 ± 40 e 470 ± 55 ; o carvão coletado em fogueira foi analisado no Beta Analytic Radiocarbon Dating Laboratory (Flórida, Estados Unidos) e forneceu idade convencional 610 ± 50 BP (Beta – 194558) e calibrada Cal AD 1290 a 1420 (Cal BP 660 a 530).

O sítio faz parte do sistema regional de povoamento Guarani dos grupos agricultores que habitaram a região do médio vale do rio Paranapanema, no sul de São Paulo, e outras áreas brasileiras. Além de uma grande densidade de material cerâmico, especialmente nas manchas, apresenta também artefatos líticos lascados e polidos, vestígios faunísticos e estruturas de combustão (AFONSO et al. 2005; MENDONÇA et al. 2005; GONZALEZ *et al.*, 2007).

Foram realizadas três etapas de campo no sítio Piracanjuba, em 2003, para os levantamentos de topografia, gradiometria, eletromagnetometria, magnetometria, resistividade elétrica, polarização induzida e georadar (Figuras 2 e 3), coordenadas por Carlos Alberto Mendonça – IAG/USP (MENDONÇA et al. 2005). Foram utilizados

magnetômetros *fluxgate*, instrumentos que permitem que uma grande densidade de dados tenha rapidez de medida, com sua operação em modo de caminhamento. Os estudos geofísicos em arqueologia requerem uma alta densidade de dados (10 medida por m² ou mais) para o mapeamento de estruturas métricas e sub-métricas (MENDONÇA et al. 2005).

As investigações geofísicas (MENDONÇA et al., 2005) envolveram duas etapas, sendo a primeira de reconhecimento gradiométrico. A área de estudo (cerca de 6.000 m²) foi levantada com teodolito de raio laser, e a área dividida em setores de levantamento de 20 x 20 m. Cada setor foi investigado com linhas leste-oeste separadas de 1 metro. Ao longo das linhas, as medidas foram tomadas no modo contínuo a cada 25 cm. Os 14 setores levantados foram unidos em um mosaico que, após processamento básico, gerou uma imagem e foram identificadas duas anomalias, sendo apenas uma delas associada a material arqueológico. A segunda etapa de investigações geofísicas se referiu à gradiometria de detalhe desta área, investigada por um setor de 20 x 20 m, com linhas espaçadas de 50 cm e medidas a cada 12,5 cm. O mapa obtido confirmou, com maior resolução, as anomalias identificadas na etapa de reconhecimento (AFONSO et al., 2005).

Uma característica do sítio Piracanjuba é a existência de terra roxa (solo derivado do basalto) em toda a sua extensão, o que parecia ser um complicador à primeira vista, já que a noção de contraste de magnetização subentende um meio circundante não-magnético. No caso deste sítio, no entanto, existe contraste de magnetização, mas o meio circundante (terra roxa) é também magnético. O que permitiu mapear o material arqueológico foi a existência de um contraste de magnetização e o fato do meio circundante ser homogêneo, embora normalmente solos magnéticos mostrem magnetização irregular (AFONSO et al. 2005).

Após o término das investigações geofísicas foram realizadas as arqueológicas, com a abertura de uma trincheira na área onde se identificou a anomalia e foi localizada uma fogueira com largura de 1,5 m (ao longo do corte), espessura de 50 cm, a cerca de 40 cm de

profundidade (Figura 4). Esta fogueira apresentou rochas em torno, muito carvão e cinzas, mas na superfície esta estrutura de combustão não teria sido identificada (Figura 5).

Pela semelhança com sítios guaranis existentes na Bacia Hidrográfica do Paraná, considerou-se que os procedimentos de gradiometria magnética aplicados no sítio Piracanjuba podem ser úteis no estudo desses outros sítios. Em particular, no reconhecimento de estruturas primárias de combustão que potencialmente fornecem material para datação (AFONSO et al. 2005; MENDONÇA et al. 2005).

Sambaquis fluviais: Moraes, Caraça e Estreito

Dois projetos, “Investigações geofísicas em sítios arqueológicos de grande porte: testes de campo em sítios Guarani, kaingang e de sambaqui fluvial”, coordenado por Carlos Alberto Mendonça (IAG/USP) e “Investigações arqueológicas e geofísicas nos sambaquis fluviais do Vale do Rio Ribeira de Iguape”, Estado de São Paulo, coordenado por Levy Figuti (MAE/USP), ambos com auxílio financeiro da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), permitiram a pesquisa geofísica aplicada a sambaquis fluviais.

Gomes (2003), em pesquisa geofísica orientada por Carlos Alberto Mendonça, investigou três sambaquis fluviais da bacia do Rio Ribeira de Iguape, nos Estados de São Paulo e Paraná: sítios Moraes (município de Miracatu-SP), Caraça (município de Itaoca-SP) e Estreito (município de Adrianópolis-PR), onde foram aplicados métodos eletromagnéticos e radiométricos.

A interpretação conjunta dos dados geofísicos e arqueológicos, com uma base inicial da topografia em detalhe, permitiu o reconhecimento de feições macro-estruturais importantes na caracterização dos sítios (GOMES et al. 2003; GOMES, 2003).

Com o emprego dos métodos geofísicos na caracterização prévia dos levantamentos arqueológicos, esperou-se caracterizar melhor e com mais precisão os limites dos sítios e suas estruturas, sendo isto feito de forma rápida e com intervenções minimamente danosas, tor-

nando as escavações mais eficientes e baratas (GOMES et al. 2003). As investigações geofísicas demonstraram a eficiência dos levantamentos gamaespectrométricos terrestres na delimitação dos sítios estudados, como no sítio Moraes (CARVALHO et al., 2001), onde as investigações de radiação gama e eletromagnetismo geraram informações adicionais complementares às interpretações arqueológicas (GOMES, 2003).

No início dos trabalhos, foi realizado o levantamento topográfico porque uma boa base cartográfica é necessária para a plotagem dos dados geofísicos com precisão, identificando a localização exata de prováveis anomalias (GOMES, 2003).

As investigações geofísicas de superfície envolveram o levantamento eletromagnético e o gamaespectrométrico. As informações mais úteis e conclusivas vieram da integração entre os dados obtidos nos levantamentos de radiometria gama, de condutividade e de resistividade elétrica. Nos sítios do Moraes e Caraça os dados permitiram a delimitação dos sítios. A análise radiométrica dos dados gama possibilitou a delimitação das camadas de conchas, e os dados eletromagnéticos sugeriram variações de solo no sítio, camadas naturais e arqueológicas e fogueiras. Os resultados geofísicos foram úteis para o planejamento e sugestão de áreas de escavação arqueológica e também para a forma das intervenções, como sondagens, trincheiras, furos de trado, áreas de escavação (GOMES et al. 2003; GOMES, 2003).

PERSPECTIVAS

Um dos maiores desafios, como já foi apontado no prefácio da primeira edição do periódico internacional “*Archaeological Prospection*”, em 1994, é assegurar que a interpretação dos novos dados adquiridos pela prospecção geofísica permaneçam arqueologicamente relevantes e significativos. As pesquisas interdisciplinares devem responder questões arqueológicas sobre padrão de assentamento, interação cultural, e outras, além de colaborar na compreensão de questões referentes à geologia, à geografia e ao meio ambiente, per-

mitindo um verdadeiro entendimento do passado e de como as populações ocuparam o espaço.

Nota-se que a utilização de vários métodos geofísicos em um mesmo sítio permite uma melhor resposta pela sua integração destes métodos, e considerando que ainda não é possível saber de antemão qual seria o melhor método ou o melhor equipamento para cada tipo de sítio arqueológico/ artefato/ estrutura. Luiz (2010) adverte que diversas estruturas, fontes de anomalias, podem produzir feições anômalas idênticas, e há a necessidade de emprego de mais de um método e de informações adicionais fornecidas pelo arqueólogo, portanto, a necessidade de interação entre geofísicos e arqueólogos.

A escolha dos métodos dependerá de diversas variáveis como os objetivos do levantamento, as questões arqueológicas, os resultados de levantamentos geofísicos e arqueológicos anteriores, os usos da terra (passado e atual), os fatores geológicos, topográficos, geomorfológicos e pedológicos, a cobertura vegetal, o tempo, as verbas, os equipamentos e as equipes disponíveis.

Os métodos geofísicos são importantes na pesquisa arqueológica de campo pelo modo rápido, não destrutivo e confiável de investigar a subsuperfície do sítio arqueológico; permitem o reconhecimento preliminar das áreas de estudo, a melhor definição dos locais de escavação através da seleção de alvos (feições e estruturas arqueológicas) e a otimização das pesquisas de campo (AFONSO et al. 2005; MENDONÇA et al., 2005).

Gaffney (2009) menciona que a geofísica arqueológica tem sido frequentemente usada como o último recurso, e ouviu arqueólogos dizendo que “*we have tried everything else so we might as well give geophysics a go*” (nós tentamos tudo então poderíamos dar uma chance para a geofísica...). O levantamento de trabalhos na literatura internacional e nacional mostra que as pesquisas de geofísica arqueológica têm sido bem sucedidas, tanto para os arqueólogos quanto para os geofísicos. E, se as pesquisas geofísicas não forem bem sucedidas, o sítio ficará intacto aguardando novos métodos de abordagem, inclusive geofísicos. Portanto, a geofísica arqueológica não deveria ser

considerada como o “último recurso” pelos arqueólogos, e sim como um campo privilegiado para as pesquisas interdisciplinares sobre o passado.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Julio Cezar Rubin de Rubin e Rosiclér Theodoro da Silva, pelo convite para escrever, mais uma vez, em um livro sobre Geoarqueologia organizado por eles. Aos geofísicos Carlos Alberto Mendonça, Francisco Yukio Hiodo, Paula Brito-Schimmel e Marcelo José da Silva Gomes, pelo trabalho conjunto. Ao geofísico Gelvam André Hartmann, pelo convite para proferir uma palestra no IAG/USP, que foi a inspiração e a base deste texto. Às equipes do Museu de Arqueologia e Etnologia/USP e Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas da USP. Às agências Fapesp, Capes e CNPq, pelos auxílios financeiros e bolsas.

REFERÊNCIAS

- AFONSO, M. C. et al. *Investigações geofísicas no sítio Piracanjuba (Piraju-SP)*. In: Congresso da Sociedade de Arqueologia Brasileira, XIII, Campo Grande-MS, 2005.
- ALVES, J. J. A. *Métodos geofísicos aplicados à arqueologia no estado do Pará*. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Pará, 1979.
- ALVES, J. J. A.; LOURENÇO, J. S. Métodos geofísicos aplicados à arqueologia no estado do Pará. *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi, série Geologia*, v. 26, p. 1-52, 1981.
- ARAGÃO, R. C. *Metodologia geofísica aplicada à pesquisa de salvamento arqueológico nos sítios Bittencourt, Jambuaçu e Jaburu, estado do Pará*. Dissertação (Mestrado em Geofísica) – Universidade Federal do Pará. 2006.
- ARAGÃO, R. C.; LUIZ, J. G.; LOPES, P. R. C. Metodologia geofísica aplicada ao salvamento arqueológico de área adjacente a mineroduto no nordeste do Pará. In: *9th International Congress of the Brazilian Geophysical Society*, Salvador, p. 1-6, 2005.
- ARAGÃO, R. C.; LUIZ, J. G.; LOPES, P. R. C. Metodologia geofísica aplicada ao estudo arqueológico dos sítios Bittencourt e Jambuaçu, estado do Pará. *Revista Brasileira de Geofísica*, v. 28, p. 249-263, 2010.

BARRADAS, J. A.; SCHAAN, D. P.; LUIZ, J. G. Magnetic and GPR Survey to identify archaeological features on Cacoal Site, Anajás River, Marajó Island, Pará, Brazil. In: *Sexto Congresso Internacional da Sociedade Brasileira de Geofísica*, Rio de Janeiro, 1999.

BARRADAS, J. A.; LUIZ, J. G.; SILVA, C. Levantamento Geofísico para Arqueologia em Trancoso, Porto Seguro-BA. In: *7th International Congress of the Brazilian Geophysical Society*, Salvador, 2001.

BEVAN, B. W.; ROOSEVELT, A. C. Geophysical exploration of Guarajá, a prehistoric earth mound in Brazil. *Geoarchaeology*, v. 18, n. 3, p. 287-331, 2003.

BRITO, P. M. A.; MENDONÇA, C. A.; PORSANI, J. L. Investigações geofísicas no Sambaqui Capelinha, Cajati-SP. *X Reunião Científica da Sociedade de Arqueologia Brasileira – SAB*, Recife, 1999.

BRITO-SCHIMMEL, P. et al. Aplicação de métodos geofísicos em arqueologia: primeiros resultados obtidos no sambaqui fluvial Capelinha, Cajati-SP, Brasil. *Revista do Museu de Arqueologia e Etnologia*, São Paulo, v. 12, p. 43-54, 2002.

BUTZER, K. W. *Archaeology as Human Ecology*. Cambridge: Cambridge University Press, 1982.

CAMARGO, P. F. B. *Arqueologia das fortificações oitocentistas da planície costeira Cananéia/Iguape*. Dissertação (Mestrado em Arqueologia) - Universidade de São Paulo, 2002.

CARVALHO, D. S. et al. Investigações geofísicas no sambaqui fluvial do Moraes, Miracatu-SP. In: *Congresso Internacional de Geofísica – SBGF, VII*. Salvador-BA: p. 711-714. 2001.

CEZAR, G. S. *Aplicação do Radar de penetração no solo (GPR) em sítios arqueológicos localizados na região de Araruama-RJ*. Dissertação (Mestrado em Física) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 1999.

CEZAR, G. S. et al. Two Brazilian archaeological sites investigated by GPR: Serano and Morro Grande. *Journal of Applied Geophysics*, Amsterdam, v. 47, p. 227-240, 2001.

CLARK, A. Seeing Beneath the Soil. *Prospecting methods in archaeology*. London: B. T. Batsford Ltd, 1990.

GAFFNEY, C. Geophysical Survey in archaeological field evaluation. *Book Reviews. Archaeological Prospection*, v. 13, p. 139-149, 2009.

GASPAR, M. D. et al. Histórico e principais resultados do projeto de investigação: O aproveitamento ambiental das populações pré-históricas do Rio de Janeiro. *Arquivos do Museu Nacional*, Rio de Janeiro, v. 62, n. 2, p. 103-129, 2004.

GOLDBERG, P.; MACPHAIL, R. I. *Practical and Theoretical Geoarchaeology*. Blackwell Publishing, 2006.

GOMES, M. J. S. *Utilização de métodos geofísicos em sambaquis fluviais, região do vale do Ribeira de Iguape-SP/PR*. Dissertação (Mestrado em Arqueologia) - Universidade de São Paulo, 2003.

GOMES, M. J. S.; MENDONÇA, C. A.; AFONSO, M. C. Utilização de métodos geofísicos em sambaquis fluviais, região do vale do Rio Ribeira de Iguape-SP/PR. In: *Congresso da Sociedade de Arqueologia Brasileira*, São Paulo, 2003.

GONZALEZ, M. M. B.; PIEDADE, S. C.; MORAIS, J. L. Arqueofauna do sítio Piracanjuba, Piraju-SP. *Revista do Museu de Arqueologia e Etnologia*, São Paulo, v. 17, p. 231-249, 2007.

KVAMME, K. L. Current Practices in Archaeogeophysics. Magnetics, Resistivity, Conductivity, and Ground-Penetrating Radar. In: GOLDBERG, P.; HOLLIDAY, V. T.; FERRING, C. R. *Earth Sciences and Archaeology*. New York: Kluwer Academic/ Plenum Publishers, p. 353-384, 2001.

LUIZ, J. G. Metodologias Geofísicas aplicadas à prospecção arqueológica no Estado do Pará. In: PEREIRA, E.; GUAPINDAIA, V. (Org.). *Arqueologia Amazônica 2*. Belém: MPEG; IPHAN; SECULT, p. 949-966, 2010.

LUIZ, J. G.; PEREIRA, E. S. Prospecção arqueológica por métodos geofísicos no sudeste do Pará: o caso do sítio Domingos, Canaã dos Carajás. In: *9th International Congress of the Brazilian Geophysical Society*, Anais... p. 1-6, 2005.

MELO, M. S. Geofísica Aplicada à Arqueologia: Investigação no sítio histórico Engenho Murutucu, em Belém, Pará. Dissertação (Mestrado em Geofísica) – Universidade Federal do Pará, 2007.

MELO, M. S. et al. Investigação geofísica no sítio arqueológico Engenho Murutucu, Belém-PA. In: *Tenth International Congress of the Brazilian Geophysical Society*, Rio de Janeiro, p. 1-5, 2007.

MENDONÇA, C. A. et al. *Gradiometria fluxgate no sítio Guarani Piracanjuba, Piraju-SP*. *9th International Congress of the Brazilian Geophysical Society*, Salvador, 2005.

PORSANI, J. L.; JANGELME, G. M.; KIPNIS, R. GPR survey at Lapa do Santo archaeological site, Lagoa Santa karstic region, Minas Gerais state, Brazil. *Journal of Archaeological Science*, v. 37, p. 1141-1148, 2010.

RODRIGUES, S. I. *Contribuições dos Métodos GPR e Eletromagnético Indutivo em Estudos de Sítios Arqueológicos de Sambaquis Costeiros no Estado de Santa Catarina*. Tese (Doutorado em Geofísica) - Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas, Universidade São Paulo, 2010.

RODRIGUES, S. I.; PORSANI, J. L.; DEBLASIS, P. A. D. GPR Applied to Map Jabuticabeira-II Coastal Sambaqui Archaeological Site (Brazil). In: *International Conference on Ground Penetrating Radar (GPR'2010), XIII*. Lecce, Itália, 2010.

RODRIGUES, S. I. et al. GPR and Inductive Electromagnetic Surveys Applied in Three Coastal Sambaqui (Shell Mounds) Archaeological Sites in Santa Catarina State, South Brazil. *Journal of Archaeological Science*, v. 36, p. 2081-2088, 2009.

ROOSEVELT, A. C. *Moundbuilders of the Amazon: geophysical archaeology on Marajo Island, Brazil*. San Diego: Academic Press, 1991.

ROOSEVELT, A. C. Geophysical archaeology in lower Amazon: a research strategy. In: WISEMAN, J.; EL-BAZ, F. *Remote sensing in archaeology*. New York: Springer, 2007, p. 443-475.

SANTOS, V. R. N. et al. Reduction of topography effect in inductive electromagnetic profiles: application on coastal sambaqui (shell mound) archaeological site in Santa Catarina state, Brazil. *Journal of Archaeological Science*, v. 36, p. 2089-2095, 2009.

SOUZA, D. M. *GPR aplicado à arqueologia nas áreas do Porto da Cargill (Santa-rém-PA) e no Palacete Faciola (Belém-PA)*. Dissertação (Mestrado em Geofísica) - Universidade Federal do Pará, 2012.



Figura 1: Sítio Piracanjuba (Piraju, São Paulo). Abertura de trincheira na área da anomalia geofísica. O solo do sítio é homogêneo (terra roxa). Foto: Marisa Coutinho Afonso.

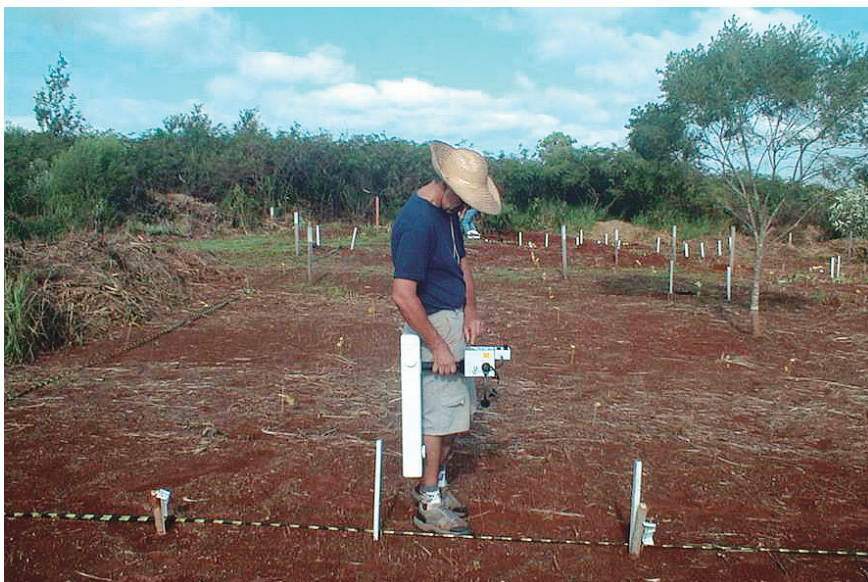


Figura 2: Sítio Piracanjuba: levantamento de campo com gradiômetro fluxgate Geoscan, FM36 e estacas delimitando um setor de levantamento (Carlos A. Mendonça – IAG/USP).



Figura 3: Sítio Piracanjuba: alunas do curso de Geofísica (IAG/USP) fazendo medições magnéticas na trincheira, com orientação de Carlos A. Mendonça (IAG/USP). Foto: Dária Elânia Fernandes Barreto.



Figura 4: Sítio Piracanjuba: identificação de estrutura de combustão (fogueira) na trincheira. Foto: Marisa Coutinho Afonso.

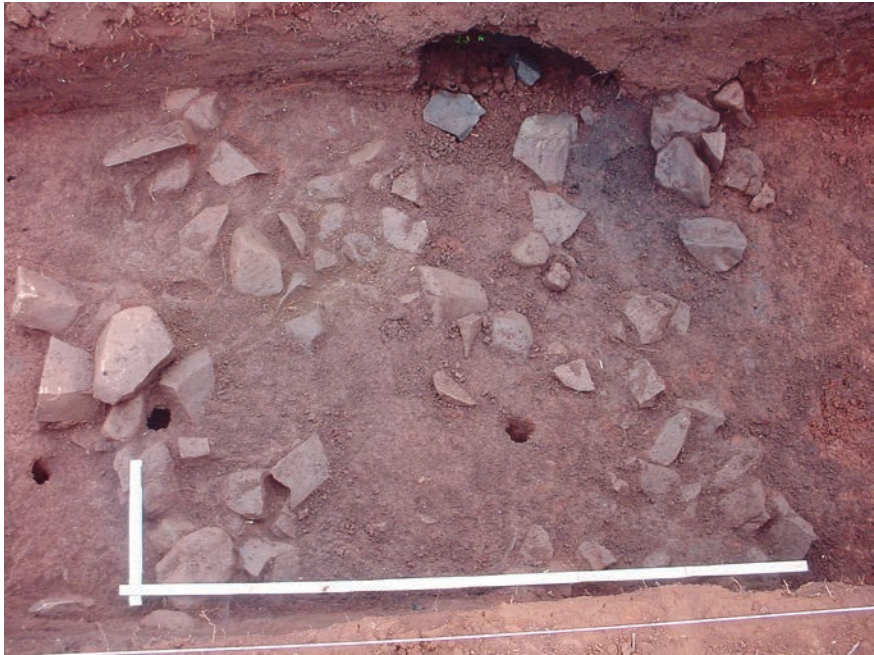


Figura 5: Sítio Piracanjuba: estrutura de combustão com carvão, cinzas, rochas e sinais de bioturbação. Foto: Marisa Coutinho Afonso.

CAPÍTULO X

Geoarqueología en ambientes volcánicos: impactos ambientales y evidencias culturales en el Cauca Medio (centro occidente de Colombia)

*Martha Cecilia Cano*¹

*Carlos E. López*²

*Ricardo A. Méndez Fajury*³

Algunas regiones del actual territorio de Colombia presentan secuencias milenarias de ocupación humana, indicando una relativa continuidad de uso de los mejores espacios y recursos. Otras zonas, en cambio, denotan vacíos en cuanto a los datos culturales a través del tiempo. Este aspecto ha llamado la atención de varios investigadores, quienes han planteado que en algunos casos la evidencia negativa se corresponde con las dinámicas del vulcanismo fini-pleistocénico y holocénico del sur y centro occidente colombiano. Estas consideraciones son útiles para hacerse preguntas en torno a la relativa estabilidad ambiental en inmediaciones a los volcanes, así como por los atractores o barreras, asociados a procesos de colonización, o los períodos de desocupación humana de amplios espacios (entre otros, ACEITUNO y LOAIZA, 2006, 2007, 2008; CANO y LÓPEZ, 2006; GNECCO, 2000; GONZÁLEZ y BARRAGÁN, 2001; LÓPEZ, 2004; LÓPEZ y CANO, 2012, REICHEL-DOLMATOFF, 1986; RODRÍGUEZ, 2002; SALGADO, 1998; SALGADO y GÓMEZ, 2000).

A escala global, varios arqueólogos han estado interesados en reconocer la actividad recurrente de los volcanes en distintas partes del mundo, cuya magnitud ha cobijado toda la escala del tiempo cul-

1 Universidad Tecnológica de Pereira, Pereira – Colômbia. E-mail: <mcano@utp.edu.co>.

2 Universidad Tecnológica de Pereira, Pereira – Colômbia. E-mail: <cel@utp.edu.co>.

3 Servicio Geológico Colombiano, Manizales – Colômbia. E-mail: <rmendez@sgc.gov.co>.

tural, desde la llegada inicial y colonización humana, hasta nuestros días (entre otros, GRATTAN y TORRENCE, 2007; MOTHES, 1998; SHEETS y MKCEE, 1994). En Colombia – norte de Suramérica – se tiene el caso de los volcanes en la Cordillera Central andina, cuyos conos de eyección no son siempre visibles, debido a sus condiciones de acceso, altura y nubosidad⁴. Es importante reconocer que sus efectos no han impactado sólo las altas cumbres, o sus glaciares y tierras altas, sino también a los sectores bajos de los piedemontes y cuencas asociadas. Una mirada detallada puede indicar los alcances de los impactos a decenas de kilómetros del foco volcánico, lugares ocupados en distintos periodos históricos por poblaciones humanas, atraídos por la riqueza de los suelos derivados de los piroclastos definidos como ceniza volcánica, reforzado por unas adecuadas condiciones ambientales de formación de suelos ricos en nutrientes y humedad (Proyecto UTP-GTZ 2001, TISTL, 2006).

En el centro occidente de Colombia, en el pie de monte de un gran complejo volcánico, anteriormente denominado Complejo Volcánico Ruiz-Tolima (HERD, 1982) y redefinido por Méndez y Patiño (1994, 2003) como Complejo Volcánico Cerro Bravo-Cerro Machín (CVCB-CM), se vienen investigando algunos fenómenos que dejaron *las erupciones y sus efectos* en las tierras templadas del piedemonte cordillerano, en sectores aparentemente “alejados” de las fuentes volcánicas. Los estudios buscan entender hasta dónde ha llegado la influencia del vulcanismo activo a través del tiempo, en distintos aspectos de los paleopaisajes, y en especial, sus implicaciones sobre la ocupación humana a lo largo de la cuenca media del río Cauca, vertiente occidental de la Cordillera Central⁵.

4 En particular, está el Parque Nacional Natural Los Nevados, cuyos picos con nieves perpetuas son las mayores alturas andinas en Colombia. Se destaca la actividad volcánica en épocas pleistocénicas y holocénicas tanto en picos nevados como en cerros y paramillos, con alta influencia en la zona de estudio presentada en este artículo (Complejo volcánico Cerro Bravo-Cerro Machín). Hacia el sur colombiano-límite con Ecuador- también hay centros volcánicos, pero no se tratan en este caso.

5 En la vertiente oriental también se dan importante efectos de la actividad volcánica, con impactos de diferente magnitud, dadas las condiciones de dirección del viento o de la localización de los cráteres. Tal es el caso de la erupción del Volcán Nevado del Ruiz en

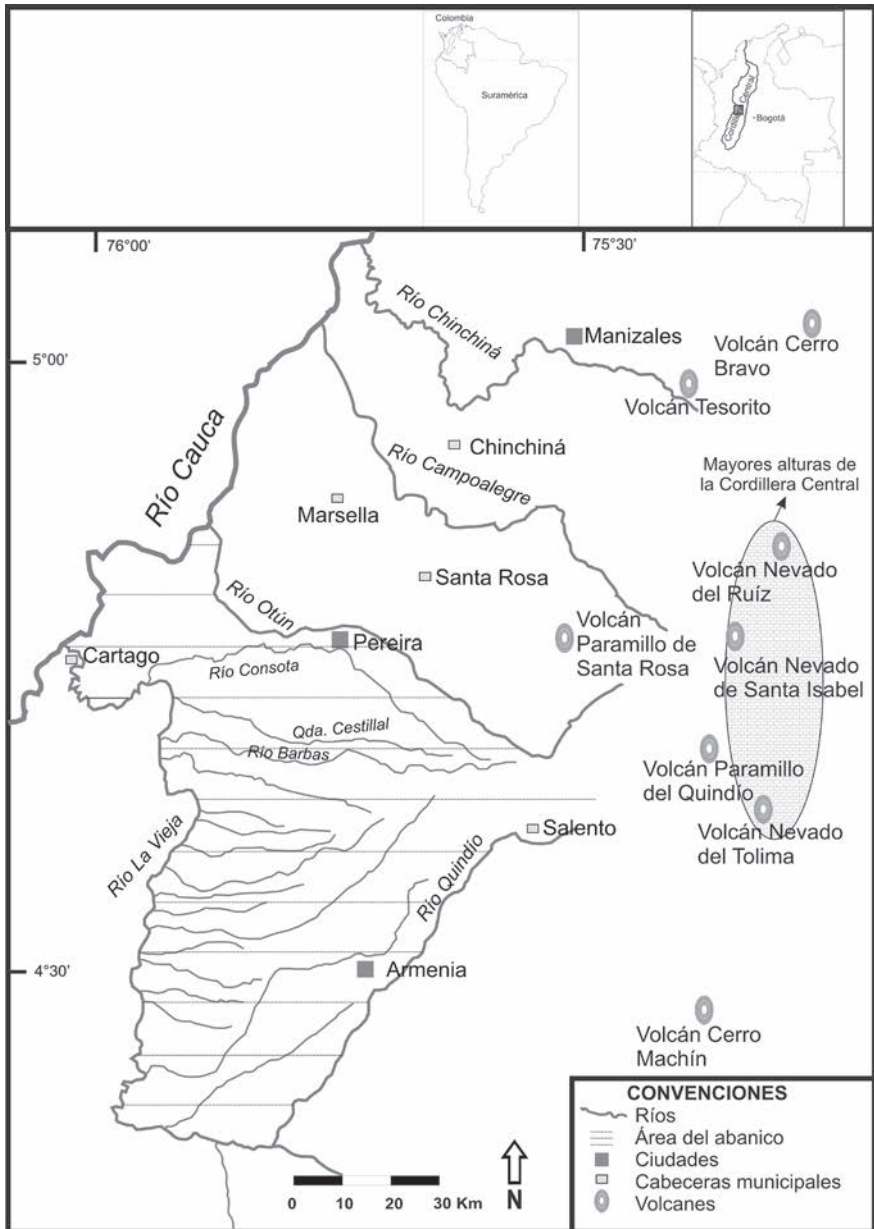


Figura 1. Zona de estudio donde se ubican las principales ciudades actuales y volcanes en la región del Cauca Medio, centro occidente de Colombia (Información de base tomada de IGAC Mapa base digital consulta www.igac.gov.co – marzo 2013).

Distintas evidencias arqueológicas han demostrado que la región comprendida entre las latitudes 4° a 5° N y longitudes 75°20 a 75°50 W (aprox.), especialmente en alturas entre 1800 a 900 msnm, de 20 a 70 km al oeste de los principales focos volcánicos, ha sido epicentro durante los últimos 10.000 años del desarrollo de varias culturas, así como ruta de dispersión de poblaciones y de plantas (ACEITUNO y LOAIZA, 2006, 2007; CANO, 2004, 2008; CANO et al. 2001; JARAMILLO, 2008; LÓPEZ y CANO, 2004; MONTEJO y RODRÍGUEZ, 2001; Proyecto Aerocafé, 2011; RESTREPO, 2006, 2013) (Figura 1).

Este artículo retoma aportes fundamentales de estudios paleoclimáticos, paleoecológicos y geológicos del Cuaternario Tardío, en particular los de Thouret, van der Hammen y sus colaboradores, quienes a partir de los estudios efectuados en las cumbres de la cordillera Central, en alturas superiores a 2900 msnm, definen secuencias cronoestratigráficas de tefras y suelos (THOURET y VAN DER HAMMEN, 1981; THOURET et al. 1995). Así mismo se destacan otros estudios sobre cenizas, a partir de los trabajos liderados por el equipo de Hermelin y Toro (HERMELIN, 2001; LALINDE y TORO, 2004; TORO et al. 2001), sobre amenazas volcánicas realizados desde INGEOMINAS (hoy Servicio Geológico Colombiano),⁶ además de algunos aportes en perspectiva geoarqueológica, particularmente Cano (2008), Aceituno y Loaiza (2007) y Salgado y Gómez (2000). Los alcances de estas investigaciones han sido de la mayor importancia, pues han logrado correlacionar datos paleoecológicos, productos volcánicos y en algunos casos contextos arqueológicos.

APORTES DESDE LA GEOARQUEOLOGÍA

Los acercamientos desde la geoarqueología permiten en estos particulares entornos de influencia volcánica, determinar las carac-

1985, con el desastre de Armero (ROSALES y MEYER, 2005; SALGADO y GÓMEZ, 2000; THOURET et al. 1995).

6 Los resultados de los estudios sobre amenazas volcánicas y demás temas afines, se pueden consultar en www.ingegominas.gov.co.

terísticas de los procesos de formación del registro arqueológico, así como diferenciar sitios por su mayor potencial informativo (*localidades tipo*) y de dinámicas sedimentarias. En escalas más amplias se busca obtener elementos para efectuar reconstrucciones sobre procesos de formación, cambios y configuración de paleopaisajes en los últimos 14.000 años, producto de la interrelación entre la dinámica volcánica, las tendencias climáticas predominantes y los efectos de la presencia humana durante el Pleistoceno Tardío y Holoceno. Las investigaciones arqueológicas desarrolladas desde la década de 1990 por varios investigadores –incluidos dos de los autores de este trabajo–, han permitido registrar varios sitios arqueológicos en el Cauca Medio, caracterizados por estar contenidos en suelos desarrollados sobre una serie de acumulaciones de materiales piroclásticos, particularmente localizados en sectores del abanico Pereira – Armenia y zonas aledañas al norte (Sector comprendido entre el río Otún y el río Chinchiná) (ACEITUNO y LOAIZA, 2006, 2007, 2008; PROYECTO AEROCAFÉ, 2011; CANO, 2004, 2008; CANO y LÓPEZ, 2006; CANO et al. 2001; FLÓREZ, 2003; GONZÁLEZ y BARRAGÁN, 2001; LÓPEZ y CANO, 2004; MONTEJO y RODRÍGUEZ, 2001; RESTREPO, 2006, 2013).

A partir de los lineamientos de la geoarqueología, se ha dado prioridad a destacar la importancia del contexto geoambiental de la evidencia cultural, adecuando las escalas de análisis a los intereses arqueológicos, con base en la *geomorfología* (forma, origen y evolución de paisajes), *la sedimentología* (estudio de características y formación de depósitos), *la pedología* (formación de suelos y morfología) y *la estratigrafía* (secuenciación y correlación sedimento-suelos) (FAVIER-DUBOIS, 2010; WATERS, 1992). Para detallar la dinámica del vulcanismo reciente como una de las causas –o la causa principal– de la manifestación de patrones en el registro arqueológico, se propuso un plan de trabajo que incorporó las siguientes actividades:

- a) Efectuar recorridos de observación regional y adelantar estudios fisiográficos detallados y semidetallados en los sitios arqueológi-

cos y alrededores, bajo influencia directa e indirecta del vulcanismo en el sector del abanico fluviovolcánico Pereira-Armenia (Complejo Volcánico Cerro Bravo-Cerro Machín) y sus inmediaciones.

- b) Describir y caracterizar unidades pedoestratigráficas y litoestratigráficas claves correspondientes al Pleistoceno Tardío y Holoceno.
- c) Interpretar las dinámicas sedimentarias que dieron origen a los depósitos, buscando definir el origen del foco emisor de las cenizas estratificadas en distintos sitios arqueológicos, así como conocer dinámicas fluviales sedimentarias en algunos valles relacionados.
- d) Correlacionar las fechaciones existentes con métodos absolutos en secuencias estratigráficas arqueológicas y geológicas.
- e) Realizar la caracterización mineralógica de las cenizas encontradas en depósitos sedimentarios arqueológicos y geológicos.
- f) Proyectar los posibles impactos sobre el ambiente de los eventos volcánicos identificados a partir de la discusión sobre el potencial de ocupación de las diversas unidades estratigráficas y los procesos de formación esperables en cada caso.
- g) Inferir las consecuencias de las catástrofes naturales sobre el poblamiento humano de la región, contribuyendo a los análisis comparativos con otros contextos similares a nivel regional.

ANTECEDENTES SOBRE EL POBLAMIENTO HUMANO DEL CAUCA MEDIO

Si bien, desde la década de 1940 se iniciaron estudios arqueológicos sobre las poblaciones prehispánicas de la región del Cauca Medio, todos ellos se referían a sociedades tribales o cacicales agroalfareras, relacionándolas con las observadas por los conquistadores europeos (BRUHNS, 1990; DUQUE, 1991; FRIEDE, 1982). No obstante, los sitios arqueológicos más tempranos, –que corresponden temporalmente a poblaciones que vivieron durante el Holoceno Temprano y Medio–, comenzaron a ser descubiertos apenas hacia el final de la década de 1990, durante el desarrollo de proyectos de ar-

queología de rescate, asociados a construcción de carreteras, poliductos y líneas de transmisión⁷.

En particular se encontraron sepultados “artefactos tipo”, tales como azadas talladas bifacialmente (Figura 2), cantos rodados con bordes desgastados, bases y manos de moler. Los orígenes de estas primeras sociedades se remontan al límite Pleistoceno-Holoceno (al menos 10.000 años AP), cuando se inició la exploración y colonización inicial de las vertientes y piedemontes cordilleranos por parte de cazadores- recolectores- plantadores. Los registros arqueológicos asociados a este período temprano, son crecientes, y su distribución se proyecta por el valle del río Cauca, al norte, desde los valles de Porce (6°5N 75°) y valle de Aburrá (Medellín) (6°1N y 75°4W), y al sur hasta Popayán (2°3N y 76°4W). Esto indica para esas sociedades, áreas de explotación muy amplias⁸ (ACEITUNO y LOAIZA, 2006, 2007; CANO, 2004, 2008; CANO et al. 2001; CANO y LÓPEZ, 2006; FRANCO y RESTREPO, 2008, 2009; GNECCO, 2000; INCIVA-ECOPETROL, 1995-1996; INTEGRAL, 1995; PATIÑO et al. 1997; PROYECTO AEROCAFÉ, 2011; RESTREPO, 2006, 2013; TABARES y VERGARA, 1997).

Aún no son claras las diferencias específicas entre contextos y/o conjuntos artefactuales asociados a depósitos del Holoceno Temprano⁹ (10.000-7500 años AP) y el Holoceno medio (7500-3000 años AP), pues faltan más datos, así como la integración de los registros existen-

7 Los estudios de “Arqueología de Rescate” permitieron registrar secuencias de cortes con profundidades mayores a 2 m, con materiales de origen cultural dentro de la matriz de cenizas volcánicas, lo que favoreció el determinar un patrón de los sitios tempranos a nivel regional.

8 Más allá de la información tipológica, tecnológica y estilística que brindan los artefactos en piedra, estos son portadores de evidencias paleobotánicas, las que demuestran el uso temprano de plantas alimenticias (ACEITUNO y LOAIZA, 2008). Los sitios con evidencias inferiores a 3000 años de antigüedad muestran un uso más intensivo de la tierra, relacionado con agricultura permanente, con introducción de plantas como maíz, frijol y yuca (MONTEJO y RODRÍGUEZ, 2001; RODRÍGUEZ, 2002).

9 Periodos cronológicos del Holoceno Temprano, Medio y Tardío, de acuerdo a Thouret et al. (1995:225).

tes, para considerar posibles cambios ambientales o culturales. Hasta ahora se reconoce una tecnología de artefactos líticos muy similar, así como los contextos asociados. Predominan sitios de actividad en cimas de colinas, y por ahora no se conocen evidencias de enterramientos. Durante milenios, se mantuvieron sociedades con alta movilidad, que aprovecharon ambientes y recursos de ambas vertientes de la cordillera (ACEITUNO y LOAIZA, 2006, 2007, 2008; CANO, 2008; RESTREPO, 2013; SALGADO, 1998; SALGADO y GÓMEZ, 2000).

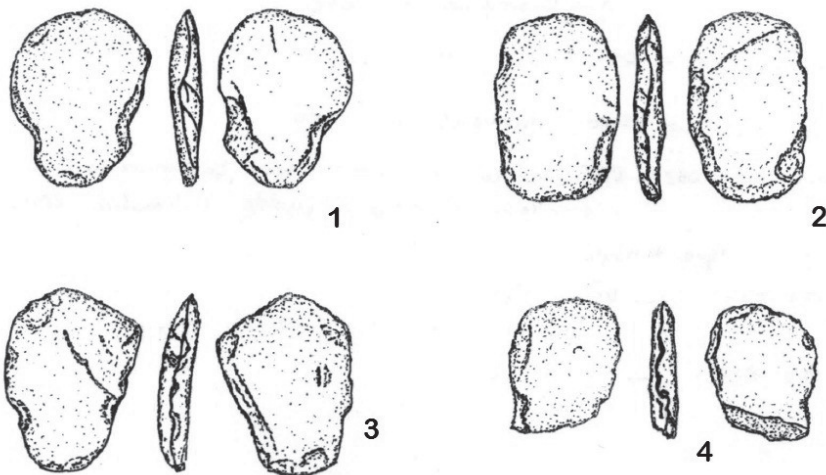


Figura 2: Azadas bifaciales típicas de épocas precerámicas recuperadas en Pereira (1:66 PER 073-084-RS y 4: 66 PER 095-RS), y Marsella (2:66 MAR 000-02966 y 3:MAR 000- 034)

Durante el Holoceno Medio (7500-3000 años AP), existen evidencias que demuestran la presencia humana en distintos sectores, lo que sugiere un importante proceso de colonización regional. Se debe destacar que en el registro arqueológico no se han reportado contextos con fechados radiocarbónicos entre el 4200 y el 3500 AP. Se debe mencionar que se tienen varios registros de una generalizada actividad volcánica hacia el 3600 AP (SALGADO y GÓMEZ, 2000; THOURET et al. 1995,), lo cual es coherente con la posible causa de la ausencia de actividad humana en este periodo.

Por otra parte, durante el Holoceno Tardío (a partir de 3000 AP), aparecen evidencias cerámicas asociadas a grupos agroalfareros, quienes alcanzaron una marcada complejidad social y aumento demográfico hacia el Siglo IX DC. Los estudios a nivel regional indican dos principales oleadas de ocupación. Por una parte, se han excavado contextos de vivienda, talleres y estructuras funerarias revestidas en piedra, con cerámica y en algunos casos orfebrería, con fechaciones entre el siglo V AC al siglo V DC. El estilo cerámico de cobertura regional se reconoce con el nombre de “Marrón inciso”, y en algunos casos se ha asociado a una fina orfebrería típica del Clásico Regional (BRUHNS, 1990). Entre los siglos IX DC hasta el siglo XVII DC, existen múltiples evidencias de una amplia y relativamente densa ocupación regional por grupos culturalmente emparentados. Se trata de grupos humanos con sobresalientes desarrollos técnicos cerámicos y orfebres (aunque de menor calidad estética que en el periodo anterior). Se destacó su ocupación dispersa del territorio donde dejaron miles de aterrazamientos en las laderas, siendo frecuente el hallazgo de estructuras funerarias de pozos profundos y cámaras laterales (Cano 2004, 2008, Franco y Restrepo 2008, 2009, González y Barragán 2001, Jaramillo 2008, Proyecto Aerocafé 2011, Reichel-Dolmatoff 1986, Restrepo 2006, 2013) (Figuras 3 a 5).



Figura 3: Conjunto alfarero representativo de periodos prehispánicos tardíos recuperado en el suroriente de Pereira. Dibujo Luz Marina Mora.

Cuando los primeros conquistadores españoles se adentraron en la Cordillera Central, región del Cauca Medio, describieron sociedades complejas de agricultores, organizadas en cacicazgos o señoríos. Estas habitaban distintos ambientes desde los 900 msnm hasta las tierras altas y frecuentaban ritualmente las zonas de páramo. La documentación de los primeros siglos de contacto ha generalizado a estas sociedades bajo el nombre de *quimbayas*, cuyos distintos cacicazgos se adaptaron a los ambientes cordilleranos boscosos, particularmente a las tierras de clima medio, a partir de una alta movilidad y manteniendo vínculos y redes de intercambio con sociedades de ambas vertientes cordilleranas, tanto del sur y norte del valle del Cauca, e incluso del valle del Magdalena (DUQUE, 1991; FRIEDE, 1982; SALGADO, 1998; SALGADO y GÓMEZ, 2000, entre otros).



Figura 4. Claros aterrazamientos escalonados en la vertiente occidental de la Cordillera Central, sector la Línea, departamento del Quindío.



Figura 5: Cima cortada formando los típicos aterrazamientos comunes en la región. “Patio” o “bailadero de indios” en la cuenca media del río Consota (La Bella, Pereira).

EL MARCO FISIOGRAFICO REGIONAL Y APUNTES SOBRE LA ACTIVIDAD VOLCÁNICA RECIENTE EN EL CENTRO-OCCIDENTE COLOMBIANO

La Región del Cauca Medio

La cuenca del río Cauca es una de las más importantes cuencas interandinas de Colombia con 63.300 km², la segunda más importante de la región andina del NW de Suramérica. El río Cauca, con 1350 km de recorrido, es el principal afluente del río Magdalena, el cual desemboca a su vez en el océano Atlántico. La definición del sector medio varía de acuerdo a las aproximaciones, pero en general corresponde a un macro-sector comprendido entre los 4° y 5° N y los 75° y 77° W. Cuenta con todos los pisos térmicos, destacándose la cima del volcán nevado del Ruiz con 5320 msnm, acompañada de otras cum-

bres y tierras altas, muy frías, que incluyen ecosistemas de páramo y bosques alto y sub-andinos, mientras que propiamente el río corre a 900 msnm. La precipitación pluvial es abundante –principalmente hacia el piedemonte de la Cordillera-, haciendo de ésta una zona húmeda, caracterizada por una pluviosidad que varía entre 2500 a 1500 mm anuales. Se presenta un régimen de lluvias bimodal, con mayor pluviosidad en octubre y noviembre; la época de menos lluvias está en enero, julio y agosto y coincide con la mayor acción de brillo solar en el año. Las temperaturas varían entre 18° y 24°C, durante todo el año (GOBERNACIÓN DE RISARALDA, 2000; IGAC 1988).

Apuntes sobre la Geología y Paleoambientes a Escala Regional

De acuerdo con Thouret (1988), durante los últimos 4,5 millones de años se levantaron los edificios volcánicos del Macizo Ruíz-Tolima. La geología regional de la Cordillera en el sector entre Pereira y Armenia, está compuesta por rocas cretáceas resumidas como Grupo Diabásico (basaltos o diabasas y meta sedimentos pertenecientes a corteza oceánica y posiblemente partes de arcos de islas. En su base se destaca la presencia de flujos de lodo con espesores de varios cientos de metros, flujos piroclásticos (ignimbritas), cenizas volcánicas (antiguas) muchas veces fuertemente meteorizadas, y cenizas volcánicas jóvenes. Se destacan ciertas áreas con rocas ígneas intrusivas (GOBERNACIÓN DE RISARALDA, 2000; IGAC 1988).

Los estudios publicados en la serie *Studies on Tropical Andean Ecosystems* por los editores van der Hammen y Dos Santos (1995), incluyeron uno de los estudios fundamentales para conocer la “*Geología del cuaternario reciente en el Macizo Volcánico del Ruíz-Tolima (Cordillera Central) en el Transecto Parque los Nevados*” (THOURET et al. 1995). Allí presentan datos claves referidos al vulcanismo regional, en el que se describen características, extensión y cronología de una serie de eventos de los últimos 50.000 años. Se destaca que las caídas de piroclastos constituyen uno de los tipos de evento volcánico que ha impactado con mayor frecuencia la región durante el final del

Pleistoceno y todo el Holoceno. Los vientos predominantes del este hacen que sea la vertiente occidental la más afectada por la acumulación de depósitos piroclásticos, provocando impactos de diferente grado en las distintas áreas de acuerdo a la cercanía a los focos, las pendientes y el tipo de vegetación. Otros estudios complementan la información de interés específico para esta investigación, tales como Cortés y Cardona 2006, Espinosa 2001, Guarín 2008, Guarín et al. 2006, Hermelin 2001, Lalinde y Toro 2004, Méndez 2002, Proyecto UTP-GTZ 2001, Tistl 2006, Toro et al. 2001, Villegas 2003.

La formación del paisaje regional se vio afectada por flujos piroclásticos calientes originados en los centros volcánicos de la cordillera, que utilizaron los valles como vías, arrastrando y quemando todo lo que encontraron en el camino. Actualmente, se encuentran intercalados tanto con flujos de lodo como con cenizas más recientes. En particular, su presencia se asocia a las caídas de aguas. Son depósitos de 10 a 30 m de ancho y de hasta 20 m de espesor (TISTL, 2006). Es muy posible que algunos grupos humanos hayan muerto o hayan sido desplazados por los impactos volcánicos directos o indirectos en las distintas erupciones, durante los últimos 10.000 años¹⁰ (ACEITUNO y LOAIZA, 2007; CANO, 2008; OROZCO, 2001). Al efecto recurrente de la actividad volcánica se atribuye la evolución de suelos jóvenes a nivel regional, caracterizados hoy día por una buena productividad agrícola pudiendo soportar importantes densidades poblacionales, así como la biodiversidad y dispersión muy amplia de plantas pioneras como la guadua (BOTERO, 2012; LÓPEZ y CANO, 2004).

10 Erupciones de distinta magnitud acompañadas de densas emanaciones de materiales piroclásticos, impactaron los alrededores de los volcanes generando densas nubes que lograron oscurecer por varios días la luz solar, quemando y destruyendo ecosistemas aledaños, afectando cientos de kilómetros cuadrados de acuerdo a la dirección de los vientos (LÓPEZ, 2004; TISTL, 2006). Vale la pena resaltar que se han registrado al menos tres erupciones en tiempos históricos; destacándose las erupciones explosivas del volcán Nevado del Ruiz en 1595, 1845 y 1985, cuyos efectos fueron escritos con sumo detalle por investigadores de cada época. El "olvido histórico" de la recurrencia en la actividad, permitió la desaparición casi total de la población de Armero (Tolima) en la vertiente oriental en 1985, y afectó a la población de Chinchiná (Caldas) en la vertiente occidental (ROSALES y MEYER, 2005 entre otros).

La morfología del terreno, en particular la conformación del paleorelieve, presenta uno de los factores más importantes a considerar, pues en zonas donde predominan relieves de alta pendiente, las capas de cenizas depositadas fueron fácilmente erosionadas, considerando las fuertes precipitaciones de esta zona ecuatorial. El promedio del espesor de las cenizas entre Armenia y Pereira es de 7 m, aunque en algunos lugares están completamente erosionadas; en otras partes, se conservaron perfiles de 15 m de espesor. Las condiciones ambientales del trópico húmedo aunado a la alta biomasa en superficie dinamizan su meteorización. La alta precipitación anual (hasta 2500 mm/año) y las altas temperaturas diarias, fomentan el desarrollo de microorganismos en los suelos. Estos procesos ocurren en todas las cenizas bajo condiciones del trópico húmedo, pero la dimensión de este proceso no ha sido considerada suficientemente (TISTL, 2006).

El abanico fluvio-volcánico Pereira-Armenia es en términos generales una extensa planicie inclinada hacia el oeste, en los cuales los procesos neotectónicos y de erosión han influido permanentemente en su formación (LALINDE y TORO, 2004). Guarín et al. (2004) plantean que los depósitos de flujos entre Pereira-Armenia forman un gran abanico al oeste de la cordillera Central que puede ser subdividido de sur a norte en los abanicos de Quindío, Pereira y Cartago. Los sedimentos vulcanoclásticos fueron depositados durante el último millón de años en una cuenca formada desde el este por el cretácico volcánico y por el basamento metamórfico de la cordillera Central y hacia el oeste por sedimentos terciarios continentales plegados. El origen de los sedimentos está localizado en el actual sistema volcánico Ruiz-Tolima hacia el noreste.

En términos de la comprensión de los cambios de paisaje a escala regional y local, es fundamental tener en cuenta que las fuertes variaciones climáticas asociadas a las épocas glaciares cambiaron los efectos previos que habían producido los volcanes en sus piedemontes; considerando que los picos y cimas más altas de la Cordillera se hallaban cubiertas por glaciares de varios centenares de metros de espesor (THOURET et al. 1995), cada nueva erupción causó el

descongelamiento de enormes volúmenes de hielo, produciendo la formación de lahares y llenos de valles (Figura 6) ¹¹.



Figura 6. Perfil en el sector de la Zona Industrial de Dosquebradas, hacia el río Otún, donde se observan en particular los indicios de un evento de flujos catastróficos de cobertura supralocal (TISTL, 2009 com. pers.). Escala M. Tistl (de blanco) 190 cm.

Con relación a los estudios sobre paleoambientes en este sector de la Cordillera Central, Thouret et al. (1995, p. 225) efectuaron cronosecuencias glacio-volcánicas y dividieron el Holoceno en tres periodos: a) Holoceno Superior (3000 AP al presente) con temperaturas

¹¹ Tras las erupciones se liberaron en cuestión de horas, grandes volúmenes de agua, causando flujos torrenciales gigantescos (lahares). Históricamente se recuerda el evento de Armero en 1985, pero se sabe que eso fue solamente uno entre varios de flujos anteriores y muy probablemente muchos de ellos fueron mayores. Los centros volcánicos de la Cordillera aportaron los flujos que formaron el Abanico volcánico-detrítico Pereira-Armenia. Este abanico es comparable en su forma y extensión con los deltas marinos de los grandes ríos (TISTL, 2006).

y lluvias comparables a las de hoy. Hubo enfriamientos; se destacan zonas amplias de pajonales y páramos. Se hizo evidente la influencia humana por debajo de 4000 m de altura snm. b) Holoceno Medio (7500 a 3000 AP.) Temperaturas 1 o 2 grados más alta que hoy y con mayor humedad. Los pisos vegetacionales subieron unos 100 m, siendo más extenso el Bosque Andino. c) Holoceno Temprano (10.000 a 7500 AP). La temperatura aumentó, siendo relativamente similar a la actual. Los pisos vegetacionales estuvieron posiblemente más bajos.

Para la época del Pleistoceno Tardío (tardiglacial) los autores detallan estadales e interstadiales, señalando el periodo Pleniglacial de 14.000 a 26.000 BP, con bajas temperaturas y humedad y durante el cual los glaciares bajaron hasta los 4000 msnm.

Los estudios paleoclimáticos en distintos entornos del norte de Suramérica brindan información para considerar periodos de mayor sequía o humedad. Es posible considerar que el predominio de bosques en el piedemonte cordillerano y en la mayor parte del Abanico Pereira-Armenia, no generó escasez de agua o resecaamiento extensivo de suelos. No obstante en el sector lejano del abanico, en las zonas bajas en proximidades al río Cauca, los efectos de los periodos secos debieron sentirse con mayor severidad (BOTERO, 2012).

Descripción Fisiográfica del Área de Estudio: El Paisaje del Abanico Pereira-Armenia y sus Inmediaciones

Es fundamental efectuar un análisis integral a partir de los *Factores Formadores de Paisaje*, acercamiento metodológico para explicar la interrelación de los distintos factores, los cuales además en términos arqueológicos deben ser analizados para los diferentes periodos de ocupación humana (BOTERO sf.). Partiendo de una escala amplia, se ha considerado como *Gran Paisaje* el abanico Pereira-Armenia, macro-unidad que puede ser entendida en escala subregional como parte de la cuenca media del Cauca. Es fundamental además considerar para su comprensión geoarqueológica las áreas aledañas. Los límites del abanico serían: por el oriente el piedemonte de la cor-

dillera; por el nor-noreste los ríos Otún y Consota; hacia el occidente la Serranía de Santa Bárbara y el valle del río La Vieja; y hacia el sur, el río Quindío.

El análisis fisiográfico regional permite establecer nueve unidades grandes muy próximas unas de otras, con una variedad de climas, suelos, relieves y de posibilidades de todo tipo que precisamente son la gran riqueza de la región. En este tipo de paisajes, no solo hay que considerar procesos de erosión, sedimentación y vulcanismo, sino también de tectonismo. Las unidades de paisaje son las siguientes: a) el cuerpo de la Cordillera Central, flanco occidental, b) cerros aislados (oteros), c) la superficie del mega-abanico (colinas en forma de media naranja con valles relativamente amplios), d) algunas cuchillas en rocas metamórficas, ígneas intrusivas, e) los coluvios o piedemontes coluvio-aluviales, f) los valles estrechos erosionales de los ríos Consota, Otún y otros, g) el valle del río La Vieja, h) las antiguas colinas terrazas aledañas al río Cauca, e i) la planicie del Valle del Cauca (ALCALDÍA DE PEREIRA - UTP, 2006).

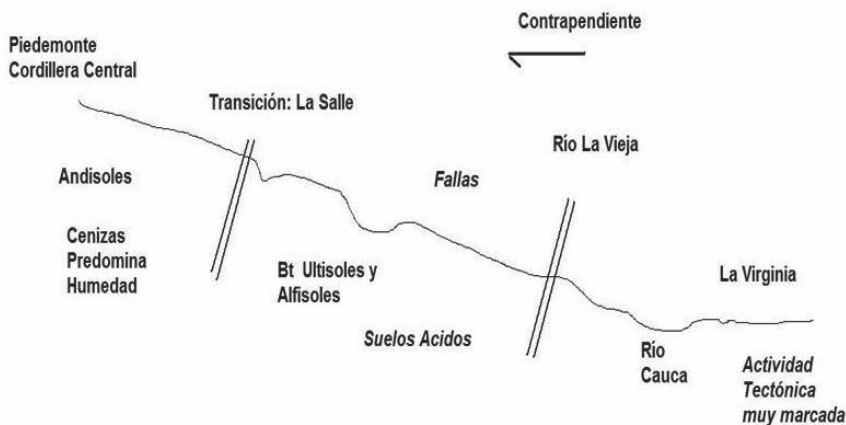


Figura 7: Principales unidades de Paisaje, en sección de oriente a occidente de 1600 m a 900 msnm (ALCALDÍA DE PEREIRA-UTP 2006, Botero, 2012).

Teniendo en cuenta las óptimas condiciones climáticas y de biodiversidad de esta región, los sitios de vivienda o actividad fueron lo-

calizados intencionalmente en sectores con condiciones topográficas adecuadas, sobre cimas planas o escalonadas, con drenajes aledaños y con pendientes entre suaves y relativamente fuertes. La importancia arqueológica de los sitios reseñados radica además en el tipo de materiales estratificados, evidencias de distintas épocas históricas y su patrón de distribución y profundidad en las diferentes unidades de paisaje. (Figura 7)

Características de los Suelos a Escala Subregional

En el área de estudio se han desarrollado distintos tipos de suelos de acuerdo a las unidades fisiográficas, detallando las estrechas relaciones y características particulares de los suelos predominantes de la zona con las cenizas volcánicas en las que se han desarrollado (Camargo et al. 2001, Henao 2001). En casi todos los perfiles en sectores por encima de 1200 m se destacan suelos caracterizados como “Andisoles”. De acuerdo con el edafólogo Pedro José Botero (ALCALDÍA DE PEREIRA-UTP, 2006), las características de estos suelos más relevantes para el estudio arqueológico podrían ser resumidas así:

- a) Son suelos moderadamente jóvenes, gracias al continuo aporte de sedimentos volcánicos y en otros casos por la constante acumulación de materiales volcánicos retransportados luego de ser erodados de las laderas superiores.
- b) Bien drenados, por la alta porosidad que conservan los horizontes (heredada del material parental).
- c) Profundos, principalmente en áreas con bajas pendientes, debido a la acumulación de espesos mantos de piroclastos, a pesar de los fenómenos erosivos.
- d) Estables, propiedad en la cual se sintetizan las características físicas de estos suelos.
- e) Con buena fertilidad natural y potencial, heredada también de los minerales volcánicos (intermedios a básicos) que al meteorizarse aportan gran variedad de cationes al suelo.

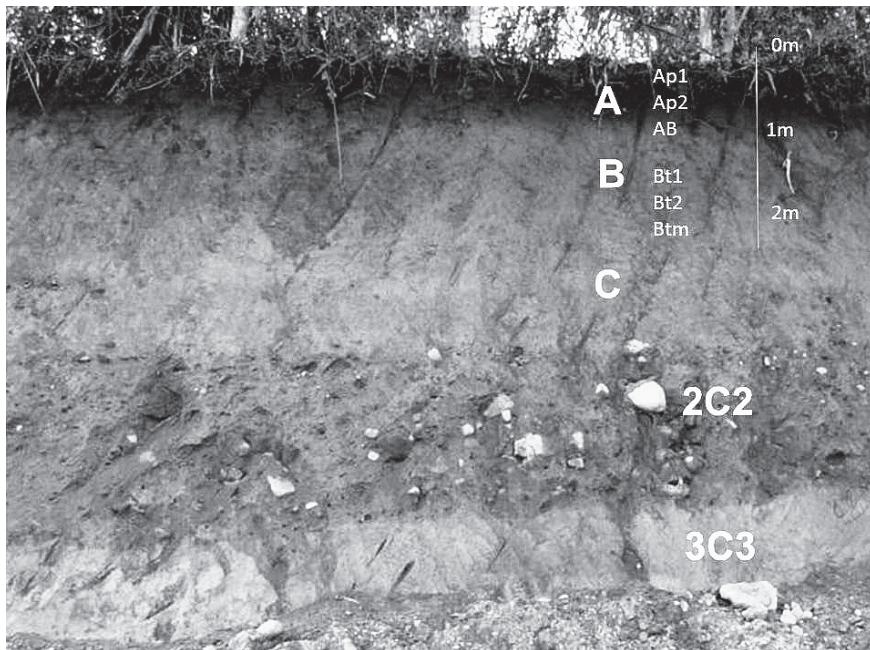


Figura 8. Perfil en Cañaveral (Pereira). Las cenizas jóvenes se encuentran en la parte superior, con coloraciones más oscuras. Se destaca cambio en la deposición de los estratos, con el flujo de escombros hacia la parte inferior del perfil expuesto.

En general en el sector proximal y medio del Abanico Pereira-Armenia, los suelos típicos entre 1800 y 1200 msnm presentan dos o tres horizontes A, muy profundos, con alta actividad biológica¹². Los horizontes B superiores con colores amarillos a ocre o pardo amarillento a pardo rojizo con textura fina, muestran una estructura de bloques débiles medios, con textura franco. En general los límites con el horizonte C son graduales, se destacan colores olivas a habanos, sin actividad biológica. En algunos sectores, es visible también un horizonte C, conformado por flujos de escombros, con guijarros

12 En los horizontes superiores predominan colores negros o pardos oscuro, estructuras de bloques sub-angulares, moderados finos y medios, con textura franco –finas a medias-, con límites graduales o difusos. Es común observar un horizonte AB de transición de color pardo oscuro a pardo amarillento, con textura fina.

de distintos tamaños (Figura 8). Además en algunos perfiles son observables uno o más suelos enterrados¹³ (BOTERO en ALCALDÍA DE PEREIRA-UTP, 2006).

En el sector más alejado del Abanico Pereira-Armenia (piso subandino bajo), en alturas inferiores a 1200 msnm, los suelos cambian en función a las condiciones climáticas más secas y el progresivo aumento de temperatura. Tienden a ser más duros y secos, particularmente en el sector de Cerritos, hasta el río Cauca, donde los suelos están en un estado de Inceptisoles (BOTERO en ALCALDÍA DE PEREIRA-UTP, 2006; BOTERO, 2012).

Un factor muy importante está relacionado con la alta actividad biológica dentro de los suelos (bioturbación) (Figura 9). Desde la superficie actual, se observan fenómenos como nidos de insectos, actividades de lombrices e influencias de raíces hasta más de dos metros de profundidad (BOTERO sf., 2012). En ese sentido, se debe mencionar que el límite entre dos capas de cenizas se presenta mineralógicamente como una “transición”, es decir una zona de mezcla de minerales de los dos eventos; esta zona de transición puede tener 10 o 30 cm. En su distribución regional los rasgos de bioturbación no se presentan en forma homogénea; especialmente el sur de Pereira (vía Armenia) está mucho más afectado por bioturbación que otras áreas (TISTL, 2006)

En casi la totalidad de los sitios arqueológicos de la región predomina una matriz de cenizas volcánicas, la cual a primera vista, se destaca por la homogeneidad de sus componentes. En este tipo de ambiente volcánico es muy difícil hacer una estimación de las tasas de sedimentación, considerando que no se conoce la magnitud y espesor de las capas de piroclastos, además es difícil estimar la dinámica de los subsecuentes procesos de erosión.

13 Estos suelos desarrollados sobre cenizas volcánicas tienen como característica el ser sumamente friables, muy porosos, relativamente ricos en materia orgánica, por consiguiente generan el ambiente ideal para nidos de coleópteros. En algunos casos se reseñaron colores muy negros, siendo el horizonte A2 el más desarrollado, con mayor contenido de materia orgánica, con más humificación, siendo suelos excelentes para agricultura. Estos se podrían denominar como “antrosoles”, pues su origen está relacionado con los usos y aportes humanos.

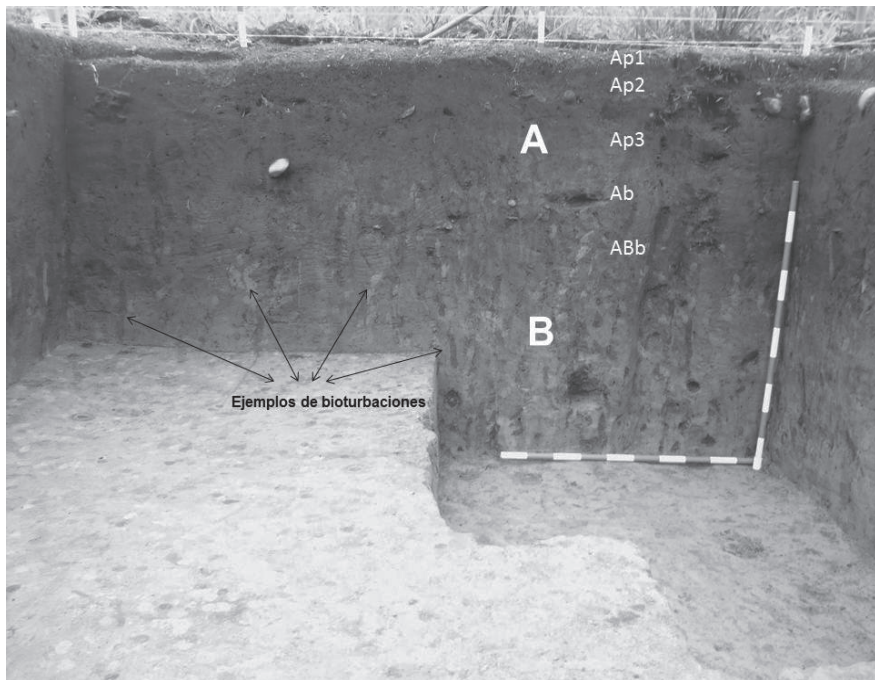


Figura 9: Excavación La Mikela (Pereira), altura 1370 msnm. Nótese la alta bioturbación. Se resalta la nomenclatura pedoestratigráfica.

Recientemente se han comenzado a encontrar sitios con claros estratos conformados con caídas de piroclastos que se pueden relacionar directamente con ocupaciones humanas. Aunque será tema para otro artículo detallado se menciona que dentro del área proximal del Abanico Pereira-Armenia, en inmediaciones de las localidades de Calarcá y Circasia (Quindío) (aprox. 1600 msnm) se localizaron yacimientos este tipo de yacimientos con depósitos piroclásticos de tamaño grueso. Inmerso en el suelo oscuro enterrado se hallaron algunas azadas en el perfil (Figuras 10 y 11).

Fuera del Abanico Pereira-Armenia, en inmediaciones de Villa María, Caldas, a 2100 msnm, el arqueólogo Carlos Restrepo localizó un sitio con una clara superposición estratigráfica, incluyendo la formación de suelos donde se comprobaron 4 distintos momentos de ocupaciones humanas, debajo de estratos relacionados con caídas

de materiales gruesos volcánicos y flujo de avalancha de la quebrada aledaña (RESTREPO, 2013) (Figuras 12 y 13).



Figuras 10 y 11. Sitios arqueológicos en Circasia y Calarcá, Quindío. Se notan los estratos relacionados con la caída de piroclastos de tamaño grueso. Inmerso en el suelo oscuro enterrado se halló una azada en el perfil.



Figuras 12 y 13: Sitio de Villa María, Caldas, encontrado por el arqueólogo Carlos Restrepo donde se notan claramente lahares y depósitos de cenizas originadas en el complejo volcánico Cerro Bravo-Cerro Machín. En un estrato correlacionable con el que se observa bajo la línea blanca de cenizas del centro del corte, Restrepo encontró artefactos precerámicos. Este es un buen ejemplo de la magnitud de los eventos registrados a 2200m de altura, los cuales también tuvieron impactos diferenciales en tierras más bajas (RESTREPO, 2013).



Figura 14: Principales sitios Arqueológicos: 1. Palestina, 2. Villa María, 3. La Selva, 4. El Jazmín, 5. Dosquebradas, 6. Cañaveral, 7. Arco Iris, 8. UTP, 9. La Mikela, 10. Cuba, 11. La Montañita, 12. Parque Temático, 13. El Guatín, 14. Salento, 15. Circasia, 16. Calarcá, 17. El Edén.

CORRELACIÓN ESTRATIGRÁFICA ENTRE LOS SITIOS ARQUEOLÓGICOS Y CRONOLOGÍA

Los estudios de arqueología en Colombia, y particularmente en la región en consideración han priorizado los análisis pedoestratigráficos con relación a los análisis litoestratigráficos. Actualmente se está en proceso de implementación hacia otras miradas complementarias como la relación entre la tefraestratigrafía y la arqueología, como partes fundamentales de la geoarqueología. Se presentan a continuación algunas consideraciones sobre sitios arqueológicos que permiten tener un panorama de la estratigrafía en distintas unidades de paisaje.

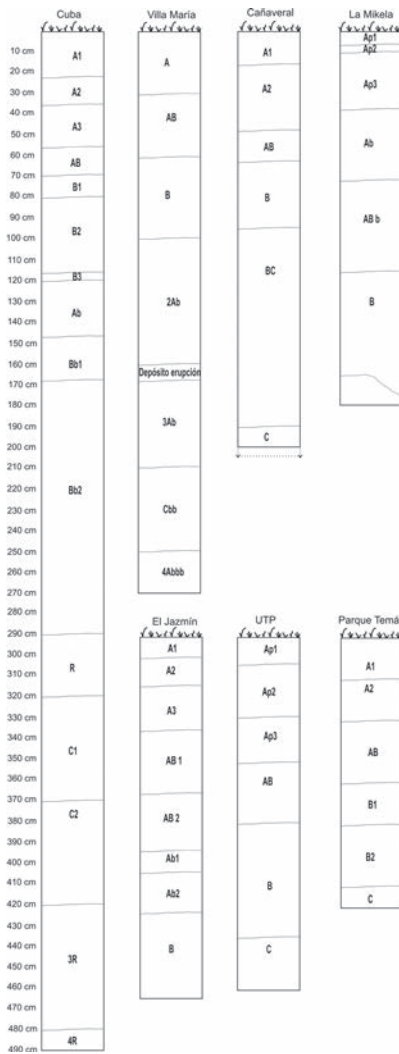
Relaciones Pedoestratigráficas y Litoestratigráficas en Depósitos de Cenizas

En zonas planas del paisaje u onduladas, del sector medio del Abanico Pereira-Armenia y sus áreas aledañas, en los depósitos superiores de cenizas jóvenes (últimos 20.000 años), predominan colores negros o pardos oscuros hacia la superficie, cambiando gradualmente en profundidad a colores amarillos y ocre, hasta colores olivas, habanos y grises, al alcanzar 2 m de profundidad. En las cenizas viejas, aún más profundas (anteriores a 20.000 años), predominan colores cafés o chocolate. El análisis de los perfiles permite entonces diferenciar al menos cuatro unidades pedoestratigráficas, materializadas los horizontes de suelos, denominados “A”, “AB”, “B” y “C”, los cuales incluyen distintas subunidades¹⁴.

Hasta el momento la definición de unidades litoestratigráficas detalladas a escala arqueológica –a diferencia de la escala geológica– no siempre es evidente en los perfiles, particularmente en los sectores

14 El horizonte AB indica una transición y en algunos casos puede diferenciarse un horizonte BC. Entre los sub-horizontes se encuentran por ejemplo los A1 y sucesivos, o B1 y sucesivos, o características tales como Ap, Ab, Bt, Bw, etc. A las cenizas más profundas estériles culturalmente se les denomina como C.

a distancias medias y lejanas de los focos volcánicos. Por el contrario, cerca de los volcanes, los estratos se diferencian claramente y en muchos casos corresponden a horizontes de suelos enterrados o depósitos de materiales. Se está trabajando en metodologías detalladas para lograr las correlaciones a escala macroscópica.



Al considerar las texturas y sus cambios, registrados por los análisis granulométricos se observan diferencias en los distintos horizontes en las proporciones de tamaños de granos, las cuales son variables, lo que se relaciona con el predominio de arenas, limos y arcillas. Esto genera cambios en el color, la humedad y la estructura (TOBÓN y PÉREZ, 2005 en ACEITUNO y LOAIZA, 2007) (Figura 15).

Figura 15: Esquema pedoestratigráfico de algunos de los perfiles principales estudiados, referidos en la Fig. 14. El sitio Hacienda Cuba (1300 msnm) muestra en su base depósitos de origen fluvial. El perfil Villa María (2100m msnm) fue descrito por Carlos Restrepo (2012) y muestra claramente la influencia volcánica directa. El perfil Cañaveral (1326 msnm) es típico de la zona media del Abanico. La Mikela (1430 msnm) muestra un sitio con alta intervención humana y bioturbación. El Jazmin en Santa Rosa ha sido descrito por Aceituno y Loaiza (2007) con distintos momentos de ocupación. El perfil UTP (1470 msnm)

muestra alta bioturbación y hacia el occidente el perfil Parque Temático (1100 snm) relacionado con el sector más lejano del Abanico.

Se presenta a continuación un esquema de los perfiles tipo levantados en distintos sitios de los sectores del Abanico Pereira-Armenia y sus áreas aledañas con alturas de 1100 a 2300 msnm (piso sub-andino) (ver para localización mapa Figura 14).

Es posible efectuar algunas generalizaciones que se podrían resumir así:

Unidad I: Horizontes A:

A1: En general de 0 a 10 o 15 cm, no aparece material arqueológico y está relacionado con tiempos históricos, posteriores a la conquista española del territorio. A2: En general de 10 a 25 cm. Se encuentra en varios sitios se encuentra cerámica prehispánica y líticos; las dataciones en distintos sitios indican edades entre *ca.* 500 a 1000 años AP. A3: En general de 25 a 40 cm. Aparece cerámica prehispánica y líticos. Carbones asociados a estos contextos indican fechaciones entre 1000 a 3000 AP.

Unidad II: Horizontes transicionales AB

AB: En general de 40 a 60 cm. Aunque se trata de una transición su espesor puede llegar a alcanzar 20 cm en algunos casos, con subdivisiones internas. Se encuentran en algunos casos algunos fragmentos cerámicos, pero predominan los artefactos líticos. Las dataciones varían entre 3000 a 5000 AP provenientes de varios sitios precerámicos estudiados.

Unidad III: Horizontes B

Pueden determinarse en ocasiones algunas diferencias en textura y en intensidad de color que permiten diferenciar entre B1a B3: En general se encuentra entre 60 a 120 cm. Se destaca por ser muy arcilloso de color ocre y nunca se encuentra cerámica. Se han obtenido dataciones entre 5000 y 10.170 años AP.

Unidad IV: Horizontes C

Se detectan diferencias en textura y en color, pues es más compacto

y los colores son más claros de habanos, a olivas y grises. En general se encuentra más allá de 200 cm. Se destaca por ser muy arcilloso nunca se encuentran artefactos culturales. Se han obtenido dataciones superiores a 10.000 años (LALINDE y TORO, 2004; TORO et al. 2001). También el horizonte C puede corresponder a otra matriz, como flujo de escombros (ALCALDÍA DE PEREIRA-UTP, 2006).

Aunque se describieron las unidades pedoestratigráficas básicas, observadas en las secuencias, dentro de estas unidades pueden visualizarse –a veces con mucha claridad, en otras no-, algunos suelos enterrados que toma la nomenclatura de “Ab”, generando a veces sub-horizontes transicionales “ABb”. Estos depósitos se originaron a partir de la formación de nuevos suelos después de los impactos volcánicos. En los estratos superiores generalmente están asociadas a la presencia humana. Los casos que se salen de esta generalización dependen de la posición geomorfológica de los sitios, el tipo de materiales depositados, así como de las dinámicas de la bioturbación.

En las tierras más cálidas (piso sub-andino inferior o sub-ecuatorial), por debajo de los 1200 msnm, la capa de cenizas volcánicas va disminuyendo hasta llegar a una mínima expresión –o incluso su desaparición- en las terrazas aledañas al río Cauca. Al dirigirse unos 80 Km al occidente de los picos más altos de la Cordillera Central (fuentes volcánicas), al descender en altura, el clima se hace progresivamente más seco y la temperatura aumenta. Los contextos arqueológicos se hacen cada vez más escasos y la densidad de materiales disminuye marcadamente. Se han hallado solo sitios arqueológicos con relativamente pocas evidencias cerámicas y líticas, que se asocian a ocupaciones tardías, desde el Siglo VIII DC hasta la época de la conquista española (Tan sólo se cuenta con una fecha radiocarbónica del año 1761 DC en FRANCO y RESTREPO, 2009; RESTREPO, 2013). Pese a que se ha hecho una prospección semidetallada, no se han reportado sitios precerámicos milenarios, debido a la alta erosión y predominio de palimpsestos.

A manera de síntesis cronológica se cuenta para la región del Cauca Medio con 2 sitios arqueológicos con fechas superiores a 10.000 años de antigüedad, 9 con fechas entre 9000 y 10.000 AP; 12 entre 8000 y 9000 AP; 11 entre 7000 y 8000 AP; 3 entre 6000 y 7000 AP; 4 entre 5000 y 6000 AP; 3 entre ca. 4200 y 5000 AP (Tabla 2). Entre 4200 y 2500 AP hay un vacío de información arqueológica, posiblemente ligado a un fuerte periodo de erupciones volcánicas. Las fechas desde los 2500 AP se relacionan con evidencias cerámicas. Es importante destacar que cada vez se cuenta con un número mayor de datos cronológicos, así como su distribución espacial, lo que permite avanzar en la correlación regional y conocer sobre la presencia humana, en algunos casos con certeza sobre los impactos de los eventos volcánicos (ACEITUNO y LOAIZA, 2007; JARAMILLO, 2008; RESTREPO, 2013).

Tabla 1: Algunas fechas absolutas obtenidas en investigaciones arqueológicas en el departamento de Risaralda, contextos precerámicos en depósitos de cenizas volcánicas.

FECHA	UBICACIÓN	ASOCIACION	FUENTE
9730±100 AP	RI-PE-RES-001	Bases de piedra, lascas de cuarzo, cantos rodados	Cano, 1998
9490±110 AP	Marsella		Ecopetrol, 1996
9020 AP	Santa Rosa de Cabal	Azadas Instrumentos de vivienda	Integral, 1998
7600±90 AP	Vereda Cantoalegre	Yunque, mano de moler, macerador, placa de molienda, artefactos de corte	Integral, 1996
7325±110 AP	Marsella		Ecopetrol, 1996
5825± 70 AP	Marsella		Ecopetrol, 1996
5040±70 AP	Marsella		Ecopetrol, 1996
4270±70 AP	Vereda Cantoalegre	Raspadores, hachas de mano, placas, manos de moler y percutores	Integral, 1996
4220±180 AP	RI-PE-RES-001	Cantos rodados con bordes usados y azada	Cano, 1998

La presencia abundante de líticos en los niveles más profundos y de cerámica en los niveles superficiales, confirma su procedencia con relación a distintas épocas separadas en el tiempo, incluso por milenios. Las estrategias metodológicas para recuperar contextos con control estratigráfico dan elementos para sustentar que los conjuntos de fragmentos diagnósticos permiten confirmar la presencia de gentes que en términos generales compartían las tradiciones regionales del Centro-Occidente colombiano, tanto de grupos primigenios de cazadores-recolectores-horticultores como de grupos agroalferos.

Relaciones con la Dinámica Fluvial en el Sitio Hacienda Cuba y los Procesos de Formación del sitio Arqueológico

Adicionalmente a los procesos volcánicos que han influenciado la región, se ha venido obteniendo un cuerpo de datos con procesos fluviales intercalados a éstos. En particular, se tiene una secuencia completa en el sitio de Hacienda Cuba, confluencia de las quebradas Cundina y el Oso, donde es posible observar en los niveles correspondientes al Pleistoceno tardío, la base donde comienzan *facies* fluviales a fluvio-lacustres arenosas, y sobre ellas –sin evidencia clara de formación de suelo. Ya para el Holoceno, se presentaron los distintos procesos de deposición de cenizas volcánicas (BOTERO, 2012) (Figuras 16, 17 y 18).

El sitio de Cuba (66PER001) se encuentra a 1300 msnm, en una terraza cercana a 50.000 m². Una excavación de 3x3 m fue adelantada en el año 1998 y en el 2012 se realizaron nuevas exploraciones de 1x1 m para definir la composición estratigráfica y arqueológica de todo el sitio. Se encuentran materiales del periodo cerámico hasta los 40 cm. Los periodos precerámicos se inician a los 70 cm de profundidad y llegan hasta cerca de los 2 m. A 1,40 m de profundidad se identificó un paleosuelo, con una fecha radiocarbónica de 9730 AP. A 55 cm (Horizonte AB) se obtuvo una fecha de 4220 AP, asociado a un conjunto lítico de cantos rodados con bordes usados y una azada. El conjunto lítico en general incluye además percutores, yunques, lascas, fragmentos de núcleo, bases de moler y fragmentos de roca reventados por calor (CANO, 2008).

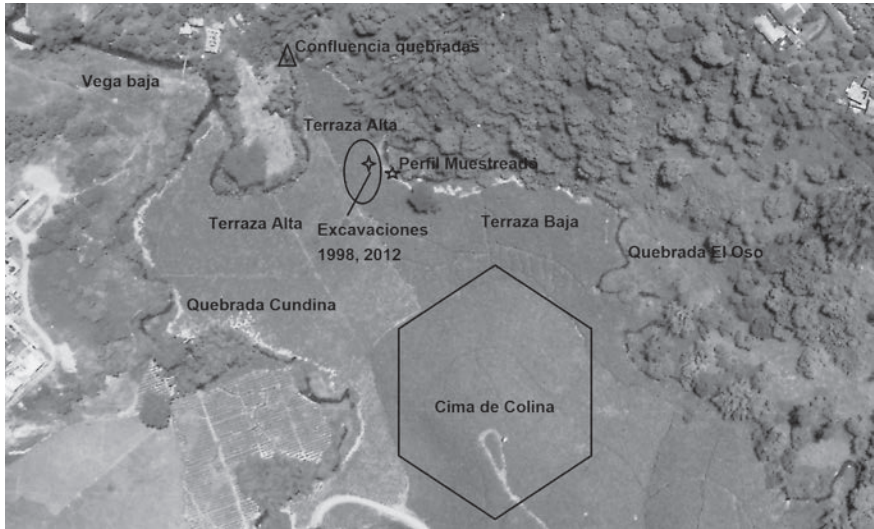


Figura 16: Fotografía aérea IGAC C-2515-No. 77, sitio Hacienda Cuba donde se definen las principales sub-unidades fisiográficas.



Figura 17: Quebrada el Oso en Hacienda Cuba. Altura 1300 msnm. Nótese que de la mitad para abajo los estratos corresponden a depósitos fluviales y lacustres y de la mitad para arriba corresponden a depósitos de cenizas.

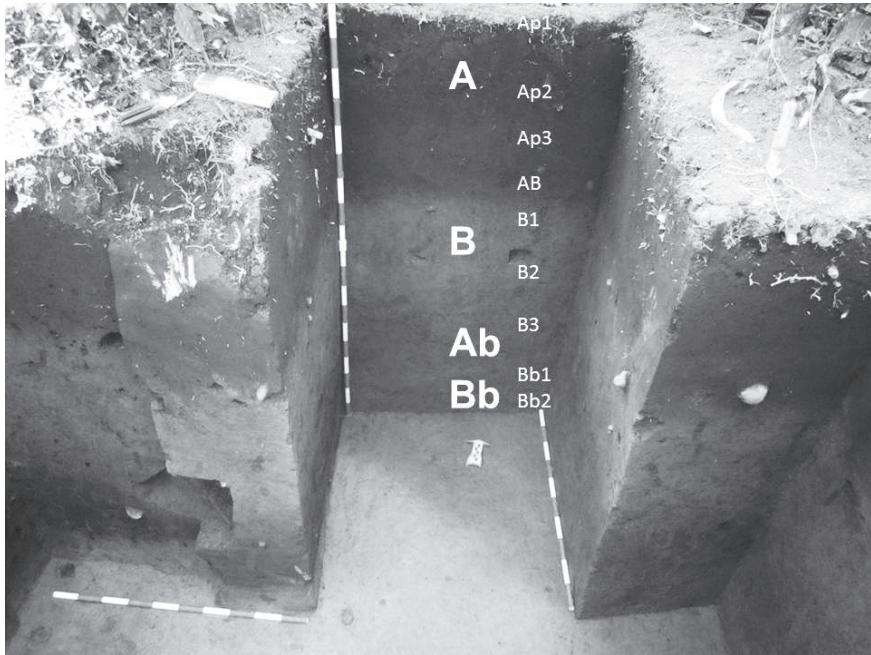


Figura 18: Excavación en el sitio precerámico de Hacienda Cuba. Son visibles en el perfil los líticos. La concentración de materiales culturales presentes en el paleosuelo están fechados en 9730 AP. Se resalta la nomenclatura pedoestratigráfica (BOTERO, 2012).

Las quebradas y sus depósitos aledaños se constituyen en un sistema muy sensible, en el que predominan en su parte superior las cenizas volcánicas, pero no se hacen evidentes estratos que demuestren algún cambio ambiental notable, al menos durante los últimos 10.000 años. El sector de la confluencia de quebradas El Oso y Cundina (cuenca media río Consota) se caracteriza por una dinámica fluvial de variada energía, ya que posee facies arenosas con estructuras sedimentarias de corriente así como depósitos limosos de tipo cenagoso, todo ello sepultado bajo cenizas volcánicas (Botero 2012). Debido a la importancia de este sitio, durante el año 2012 se reiniciaron excavaciones por un equipo interinstitucional internacional, las cuales arrojarán nuevos datos tanto geoarqueológicos como sobre los conjuntos de materiales.

CONCLUSIONES

Las reconstrucciones paleoambientales y los contextos culturales provenientes del actual territorio colombiano son del mayor interés al considerar la posición geoestratégica en el norte del continente. Distintas preguntas sobre los orígenes, la antigüedad, los aspectos culturales y los modos de subsistencia predominantes de los primeros pobladores están ligadas a la dinámica de los sistemas volcánicos activos en la Cordillera Central. En este trabajo se destaca la importancia de la mirada interdisciplinaria en el marco de la arqueología ambiental y particularmente la necesidad del acercamiento geoarqueológico. Para la problemática específica del poblamiento humano del centro occidente colombiano, se ha tenido especialmente en cuenta cómo pudo haber afectado el volcanismo fini-pleistocénico y holocénico a los ambientes de aquella región y, por ende, a sus ocupantes humanos a través del tiempo. Este estudio presenta elementos para interrelacionar el ambiente, las dinámicas volcánicas y la presencia humana a través del tiempo, particularmente considerando el ámbito deposicional de las cenizas volcánicas recientes de los últimos 20.000 años.

Las cenizas presentes actualmente en la región, representan tan solo una parte de las que fueron producidas por los diferentes eventos volcánicos. La mayor parte fue erosionada inmediatamente después de su caída, llenando las cuencas de ríos y quebradas, hasta alcanzar las cuencas del Cauca y Magdalena.

En cuanto a las correlaciones con las dinámicas humanas se puede considerar la llegada inicial a finales del Pleistoceno y posteriormente la posibilidad de escasez de evidencia arqueológica durante algunos periodos, tales como los del Holoceno medio (entre aproximadamente 4000 y 3000 AP). La tefroestratigrafía es una herramienta clave, para entender cómo los grupos humanos en distintos momentos históricos fueron afectados por eventos volcánicos impactantes que los obligaron a retirarse temporalmente de las áreas afectadas.

Al respecto se pueden plantear las siguientes hipótesis:

- a) Los primeros ocupantes ingresaron siguiendo el valle bajo y plano del río Cauca y aprovecharon los corredores naturales para iniciar la exploración y colonización de las vertientes cordilleranas. La frondosidad de los bosques ecuatoriales pudo dificultar la ocupación humana, pero algunos eventos volcánicos pudieron abrir temporalmente claros o corredores que facilitaron su ingreso y permanencia.
- b) La actividad volcánica de finales del Pleistoceno y del Holoceno provocó impactos de magnitud en distintos ambientes cordilleranos. Estos eventos catastróficos afectaron en distinto grado el poblamiento humano de esos espacios. Áreas con condiciones favorables para el asentamiento humano pudieron ser menos atractivas durante algunos períodos de tiempo, e incluso inhabilitadas por la recurrencia de los eventos volcánicos de magnitud considerable. Estos vacíos de ocupación deberán ser comprobados en el registro estratigráfico.
- c) Existen mayores evidencias arqueológicas correspondientes a ciertos períodos, con relación a otros. En lo que hace a las caídas de material piroclástico, podría considerarse que en el medio ecuatorial, con altas temperaturas y muy alta humedad, los períodos de recuperación de los ecosistemas afectados son relativamente rápidos, aún ante eventos de gran amplitud.

En la región del Cauca Medio y particularmente en el Abanico Pereira-Armenia, los estudios geoarqueológicos han permitido:

- a) Aportar evidencias para el análisis del origen y contexto estratigráfico de evidencias arqueológicas presentes en distintas unidades de paisaje, a partir de las consideraciones de las dinámicas volcánicas recurrentes y sus efectos a escala regional.
- b) Articular un esquema preliminar de la evolución ambiental desde el Pleistoceno tardío en la región, teniendo en cuenta el potencial de diferentes unidades para el registro de actividades humanas y los particulares procesos de formación de sitio. Los estudios pa-

leoclimáticos en distintos entornos del norte de Suramérica brindan información para considerar periodos con mayores temperaturas o humedad, además es posible considerar las dinámicas de los cinturones vegetacionales cordilleranos. En el sector de piedemonte y en la mayor parte del Abanico Pereira-Armenia, no se generaron posiblemente situaciones de escasez extrema de agua o resecamiento de suelos. No obstante en el sector distal del abanico, en las zonas bajas en proximidades al río Cauca, los efectos de los periodos secos debieron sentirse con mayor severidad.

- c) Reconocer el carácter volcánico de los depósitos y el distinto grado de desarrollo de suelos y presencia de suelos enterrados, incorporando en estos últimos el registro de actividades humanas. Es importante destacar la buena resolución que los depósitos de cenizas tienen para discriminar ocupaciones y eventos de interés paleoambiental desde el Pleistoceno tardío y durante el Holoceno.
- d) Comprender la complejidad de formación de sitios en esta zona, debido a las dinámicas volcánicas, con relativa alta resolución. Permite ubicar con precisión contextos temporales en depósitos preservados, así como reconocer que la misma dinámica en otros sectores ha borrado por erosión o bioturbación.
- e) Incentivar una necesaria colaboración entre geólogos y arqueólogos para entender las relaciones históricas entre seres humanos y volcanes en distintas épocas históricas. Se requiere un programa permanente que genere nuevos conocimientos entre el entorno del volcanismo y los pueblos precolombinos.

AGRADECIMIENTOS

Esta investigación se ha desarrollado en el marco de la tesis doctoral de Martha Cecilia Cano denominado *Cambios Ambientales en el Holoceno Temprano y Medio e Impactos Humanos en el Paisaje: Estudio Geoarqueológico en el Abanico Fluvio-Volcánico Pereira-Armenia, Colombia*, para la Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires Argentina (Código UTP 2-10-9), dirigido por

el doctor Cristian Favier Dubois y co-dirigido por el doctor Carlos E. López. Se recogen en esta investigación proyectos previos adelantados por el Laboratorio de Ecología Histórica y Patrimonio Cultural de la Universidad Tecnológica de Pereira, contando con el apoyo del Servicio Geológico Colombiano – Observatorio Vulcanológico y Sismológico de Manizales. Deseamos expresar nuestro especial agradecimiento a la directora técnica del OVSM, geóloga Gloria Patricia Cortés por su interés y apoyo.

Nuestro especial reconocimiento al geólogo Michael Tistl (Q.E.P.D.), al agrólogo Pedro Botero y al geólogo José Alfonso Realpe, así como a los arqueólogos Anthony Ranere y Cristian Favier Dubois, por sus aportes, su gran entusiasmo y las distintas ideas y propuestas, tanto en campo como en inspiradoras conversaciones. Muchos de sus planteamientos y discusiones, hacen parte del producto aquí presentado. Al realizar los trabajos de campo se contó con la colaboración de los integrantes del *LEHPC*, agradecemos en particular a las antropólogas Luz Marina Mora y Carmen Elisa Henao, a los estudiantes de antropología de la Universidad de Caldas Melisa Vargas y Carlos Andrés Jiménez, y a los administradores ambientales Carolina Saldarriaga, Diana M. Rodríguez, Juan David Arango, Diego Cardona y Fernando Viáfara. Agradecemos a las arqueólogas María Cristina Moreno y Leonor Herrera por compartir en campo y laboratorio, los datos precerámicos obtenidos en el proyecto de arqueología de Aerocafé. Al arqueólogo Carlos Alberto Restrepo (Proyecto de Arqueología Autopistas del Café), por sus permanentes invitaciones a campo para conocer los avances de sus investigaciones en las temáticas de interés común.

Este estudio hace parte de una iniciativa a largo plazo cuyos resultados también se enmarcan en el proyecto interinstitucional "*The Role of the Middle Cauca River Valley, Colombia, in the Early Domestication and Dispersal of New World Crops*" (Código UTP 2-11-6) coordinado por doctor Anthony Ranere de Temple University (Philadelphia USA) y con apoyo de la *National Science Foundation*. Agradecemos a los estudiantes de Temple University, quienes participaron en las temporadas de campo 2011 y 2012.

El diseño de las figuras corresponde a Martha Cecilia Cano y Luz Marina Mora. Agradecemos a todos los amigos y colegas que nos han ayudado en los trabajos de campo y oficina, en particular al arqueólogo Carlos Restrepo quien nos ha invitado a conocer los sitios por él encontrados y ha compartido importantes fechaciones y análisis.

Nuestro especial agradecimiento a los Profesores Julio Rubin de Rubin y Rosicler Theodore da Silva por su invitación a participar en esta publicación.

REFERENCIAS

ACEITUNO, F.J.; N. LOAIZA. Una aproximación ecológica al poblamiento del Cauca Medio entre el Pleistoceno Final y el Holoceno Medio. In: López, M.C.; Rodríguez, D. (Org.) *Cambios Ambientales en Perspectiva Histórica. v. 2. Ecología Histórica y Cultura Ambiental*. Pereira: Universidad Tecnológica de Pereira-Sociedad Colombiana de Arqueología, 2006, p. 42-55.

ACEITUNO, F.J.; N. LOAIZA. *Domesticación del Bosque en el Cauca Medio Colombiano entre el Pleistoceno Final y el Holoceno Medio*. BAR International Series 1654. Oxford: Archaeopress, 2007.

ACEITUNO, F.J.; N. LOAIZA. Rastreado los orígenes de la agricultura en la vertiente oriental del Cauca Medio. In: López, C.; Ospina, G. (Org.) *Ecología Histórica: Interacciones Sociedad-Ambiente a Distintas Escalas Socio-Temporales*. Pereira: Universidad Tecnológica de Pereira-Universidad del Cauca-Sociedad Colombiana de Arqueología. 2008, p. 107-122.

ALCALDÍA DE PEREIRA-UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA. *Arqueología en Áreas de Expansión de Pereira*. Pereira: Secretaría de Planeación de Pereira-Instituto de Investigaciones Ambientales. Inédito. 2006.

BOTERO, P.J. *Introducción a la Fisiografía y La Arqueología Ambiental*. Bogotá: Fundación Terrapreta. Inédito. sf.

BOTERO, P.J. Informe Fisiografía y Suelos. Proyecto *The Role of the Middle Cauca River Valley, Colombia, in the Early Domestication and Dispersal of New World Crops*. Inédito. 2012.

BRUHNS, K. Las culturas prehispánicas del Cauca Medio. En *Arte de la Tierra. Quimbayas*. Bogotá: Fondo de Promoción de la Cultura, Banco Popular, p.10-14, 1990.

CAMARGO, J.C.; J.A RÍOS, J.A.; VALENCIA, M. Y. Estimación de áreas bajo

andisoles y sus características físicas, químicas y mineralógicas en Risaralda y Quindío. *Suelos del Eje Cafetero*. Pereira: Proyecto UTP-GTZ, p.125-142, 2001.

CANO, M. Los primeros habitantes de las cuencas medias de los ríos Otún y Consotá. In: LÓPEZ, C.; CANO, M. *Cambios Ambientales en Perspectiva Histórica. Ecorregión Eje Cafetero. v. 1*. Pereira: Universidad Tecnológica de Pereira-Proyecto UTP-GTZ, 2004, p. 68-91.

CANO, M. Evidencias precerámicas en el municipio de Pereira: Efectos del vulcanismo y colonización temprana de los bosques ecuatoriales en el abanico fluvio-volcánico Pereira-Armenia. In: López, C.; Ospina, G. (Org.) *Ecología Histórica. Interacciones Sociedad-Ambiente a Distintas Escalas Socio-Temporales*. Pereira: Universidad Tecnológica de Pereira-Sociedad Colombiana de Arqueología-Universidad del Cauca, 2008, p. 149-170.

CANO, M.; LÓPEZ, C. Desarrollos culturales paralelos en ecosistemas diversos: El poblamiento humano inicial de los valles del Magdalena y el Cauca en el Norte de Suramérica In: López, M. C.; Rodríguez, D. (Org.) *Cambios Ambientales en Perspectiva Histórica. v. 2. Ecología Histórica y Cultura Ambiental*. Pereira: Universidad Tecnológica de Pereira-Sociedad Colombiana de Arqueología, 2006, p.56- 75. CANO, M., C. LÓPEZ y J. REALPE. Diez mil años de huellas culturales en los suelos del Eje Cafetero. *Suelos del Eje Cafetero*. Pereira: Proyecto U.T.P.-GTZ, p. 184-197. 2001.

CORTÉS, L.; J. CARDONA. Cartografía detallada para el Salado de Consotá y sus alrededores. In: López, C.; Cano, M.; Rodríguez, D. (Org.) *Cambios Ambientales en Perspectiva Histórica. v. 2. Ecología Histórica y Cultura Ambiental*. Pereira: Universidad Tecnológica de Pereira-Sociedad Colombiana de Arqueología, 2006, p. 93-109.

DUQUE, L. *Los Quimbayas*. Medellín: Ediciones Autores Antioqueños, 1991.

ESPINOSA, A. *Erupciones Históricas de los Volcanes Colombianos (1500-1995)*. Bogotá: Acad. Col. Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, Col. Jorge Álvarez Lleras, 2001.

FAVIER-DUBOIS, C. Geoarqueología: Explorando Propiedades Espaciales y Temporales del Registro Arqueológico. In: BARBERENA R., BORRAZZO, K.; BORRERO, L.A. (Ed.) *Perspectivas Actuales en Arqueología Argentina*. Buenos Aires: CONICET-IMHICIHU, 2010, p. 36-54.

FLÓREZ, A. *Colombia: Evolución de sus Relieves y Modelados. Red de Estudios de Espacio y Territorio*. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia, 2003.

FRANCO, A.; RESTREPO, C. *Prospección Arqueológica en la Urbanización Arco Iris de la Colina*. Pereira: Azul S.A., Inédito, 2008.

FRANCO, A.; RESTREPO, C. *Prospección Arqueológica en la Ciudadela Villa*

Verde. Pereira: Gerenciar Ltda, Inédito, 2009.

FRIEDE, J. *Los Quimbayas bajo la Dominación Española*. Bogotá: Carlos Valencia Editores, 1982.

GNECCO, C. *Ocupación Temprana de Bosques Tropicales de Montaña*. Popayán: Universidad del Cauca, 2000.

GOBERNACIÓN DE RISARALDA. *Atlas de Risaralda*. Pereira: Fondo Editorial de Risaralda, 2000.

GONZÁLEZ, V.; BARRAGÁN, C. (Ed.) *Arqueología Preventiva en el Eje Cafetero. Reconocimiento y Rescate Arqueológico en los Municipios de Jurisdicción del Fondo para la Reconstrucción del Eje Cafetero, FOREC*. Bogotá: Instituto Colombiano de Antropología – Fondo para la Reconstrucción y Desarrollo Social del Eje Cafetero, 2001.

GRATTAN, J.; TORRENCE, R. (Ed.). *Living Under the Shadow. The Cultural Impacts of Volcanic Eruptions*. California: Left Coast Press, 2007.

GUARÍN, F. *Etude du Fan Fluvio-Volcanique du Quindio (Région d'Armenia Colombie)*. Geneve: Université de Geneve, Faculté des Sciences, Département de Géologie et Paléontologie, 2008.

GUARÍN F.; GORIN, G.; ESPINOSA, A. A Pleistocene stacked succession of volcanoclastic massflows in central Colombia: the Quindio-Risaralda fan. *Acta Vulcanologica*. v. 16, n. 1-2, p. 109-124, 2004.

HERMELIN, M. Las cenizas volcánicas en el paisaje del noroccidente de Colombia. *Suelos del Eje Cafetero*. Pereira: Proyecto UTP-GTZ, p. 16-25, 2001.

HENAO, M.C. Caracterización de algunos suelos derivados de cenizas volcánicas de la zona cafetera central colombiana. *Suelos del Eje Cafetero*. Pereira: Proyecto UTP-GTZ, p.57-77, 2001.

INCIVA-ECOPETROL. *Proyecto de Rescate Arqueológico, Gasoducto de Occidente, Mariquita-Yumbo*. Bogotá: INCIVA-ECOPETROL, Inédito, 1995-1996.

INSTITUTO GEOGRÁFICO AGUSTÍN CODAZZI-IGAC. *Suelos. Departamento de Risaralda*. Bogotá: IGAC, 1988.

INTEGRAL. *Arqueología de Rescate. Vía Alternativa de la Troncal de Occidente Variante Chinchiná. Arqueología de Rescate. Troncal de Occidente*. Medellín: INTEGRAL, Inédito, 1995.

JARAMILLO, L. *Sociedades Prehispánicas en el Territorio "Quimbaya": Unidades Domésticas, Áreas de Actividad y el Complejo Tesorito*. Bogotá: Fundación de Investigaciones Arqueológicas Nacionales del Banco de la República, 2008.

LALINDE C.; TORO, G.. Aspectos geomorfológicos en las cuencas de los ríos

Otún y Consota. In: LÓPEZ, C.; CANO, M. (Org.) *Cambios Ambientales en Perspectiva Histórica. Ecorregión Eje Cafetero*. Pereira: Universidad Tecnológica de Pereira-Proyecto UTP-GTZ, 2004, v. 1, p. 26-40.

LÓPEZ, C.E. Desastres ambientales y respuestas humanas en perspectiva histórica. In: LÓPEZ, C.; CANO, M. (Org.) *Cambios Ambientales en Perspectiva Histórica. Ecorregión Eje Cafetero*. Pereira: Universidad Tecnológica de Pereira-Proyecto UTP-GTZ, 2004, v. 1, p. 113-119.

LÓPEZ C.; CANO, M. C. (Org.) *Cambios Ambientales en Perspectiva Histórica. Ecorregión Eje Cafetero*. v. 1. Pereira: Universidad Tecnológica de Pereira-Proyecto UTP-GTZ, 2004.

LÓPEZ C.; CANO, M. C.. En Torno A Los Primeros Poblamientos En el Noroccidente de Suramérica: Acercamientos desde El Valle Interandino del Magdalena. *Boletín de Arqueología Pontificia Universidad Católica del Perú*. n. 15, 2012.

MÉNDEZ, R. *Catálogo de las unidades litoestratigráficas de Colombia. Formación Machín*. Bogotá: INGEOMINAS, p. 1-25, 2002.

MÉNDEZ R.; PATIÑO, J. *Estudio tefroestratigráfico de los volcanes del Complejo Cerro Machín-Cerro Bravo*. Informe interno. Manizales: INGEOMINAS. S.P., 1994.

MÉNDEZ R.; PATIÑO, J. Estudio tefroestratigráfico de los volcanes del Complejo Cerro Machín-Cerro Bravo. *Memorias IX Congreso Colombiano de Geología*. Medellín: Sociedad Colombiana de Geología, 2003.

MONTEJO, F.; RODRÍGUEZ, E. Antiguos pobladores y labranzas en el valle medio del río Otún, Risaralda. *Boletín de Arqueología*. Bogotá: Fundación de Investigaciones Arqueológicas Nacionales, v. 16, n. 1, p. 37-115, 2001.

MOTHES, P. (Coord.) *Actividad Volcánica y Pueblos Precolombianos en el Ecuador*. Quito: Abya Yala, 1998.

OROZCO, J. Las Cenizas Volcánicas en el Territorio de Pereira y sus Alrededores. *Suelos del Eje Cafetero*. Pereira: Proyecto UTP-GTZ, p. 9-15, 2001.

PATIÑO, D. et al. Evidencias paleoindias y cerámicas en el Valle del Cauca. *Cespedesia*, v. 22, n. 70, p. 33-95, 1997.

PROYECTO UTP-GTZ. *Suelos del Eje Cafetero*. Pereira: Proyecto UTP-GTZ, 2001.

PROYECTO AEROCAFÉ. *La Historia muy Antigua del municipio de Palestina (Caldas)*. Proyecto de Rescate y Monitoreo Arqueológico del Aeropuerto del Café. Manizales, Centro de Museos Universidad de Caldas, Asociación Aeropuerto del Café, 2011.

REICHEL-DOLMATOFF, G. *Arqueología de Colombia. Un Texto Introductorio*. Bogotá: Fundación Segunda Expedición Botánica, 1986.

RESTREPO, C. Monitoreo Arqueológico. Sitio Hacienda Génova, Variante Sur. Pereira. *Boletín de Arqueología* 21, Bogotá: Fundación de Investigaciones Arqueológicas Nacionales, p. 3-34, 2006.

RESTREPO, C. *Componente Arqueológico Condominio Campestre "Valle de la Florida". Etapas I y II. Villa María. Caldas*. Villa María: Constructora Berlín S.A.S, Inédito, 2013.

RODRÍGUEZ, C.A. *El Valle del Cauca Prehispánico. Procesos Socioculturales Antiguos en las Regiones Neohistóricas del Alto y Medio Cauca y la Costa Pacífica Colombo-Ecuatoriana*. Washington D.C.: Departamento de Historia Facultad de Humanidades Universidad del Valle-Fundación Taraxacum, 2002.

ROSALES, C.; MEYER. H. La catástrofe de 1999 en el Eje Cafetero. En *Desastres de Origen Natural en Colombia 1979-2004*. In: HERMELIN, M. (Org.) Medellín: Universidad EAFIT-Universidad del Valle. p. 169-176, 2005.

SALGADO, H. *Exploraciones Arqueológicas en la Cordillera Central Roncesvalles - Tolima*. Bogotá: Fundación de Investigaciones Arqueológicas Nacionales, 1998.

SALGADO H.; GÓMEZ, A. N.. *Pautas de Asentamiento Prehispánicas en Cajamarca - Tolima*. Bogotá: Fundación de Investigaciones Arqueológicas Nacionales, 2000.

SHEETS, P.; MCKEE, B. *Archaeology. Volcanism, and Remote Sensing in the Arenal Region*, Costa Rica. Austin: University of Texas Press, 1994.

TABARES, D.; VERGARA, F. *Trabajo de Investigación Arqueológica entre los Municipios de Chinchiná (Caldas) y Santa Rosa de Cabal (Risaralda)*. Monografía de Grado. Medellín: Departamento de Antropología, Universidad de Antioquia, Inédito, 1997.

THOURET, J.C. *Morphogenèse Plio-Quaternaire et Dynamique Actuelle et Récente d'une Cordillère Volcanique Englacée*. Grenoble: Thèse d'état Université Joseph-Fourier, 1988.

THOURET, J. C.; VAN DER HAMMEN, Th. Una secuencia holocénica y tardiglacial en la Cordillera Central de Colombia. *Rev. CIAF*. Bogotá, v. 6 n. 1-3, p. 609-634, 1981.

THOURET, J.C. et al. Geología del cuaternario reciente en el Macizo Volcánico del Ruíz-Tolima (Cordillera Central). *Studies on Tropical Andean Ecosystems*. Berlin/Stuttgart: Cramer, v. IV, p. 183-240, 1995.

TISTL, M. La formación geológica del paisaje en el piedemonte del Eje Cafetero Colombiano. In: C. López, C.; Cano, M.; Rodríguez, D. (Org.) *Cambios Ambien-*

tales en Perspectiva Histórica. Ecología Histórica y Cultura Ambiental. Pereira: Universidad Tecnológica de Pereira-Sociedad Colombiana de Arqueología, 2006, v. 2, p. 79-92.

TORO, G., HERMELÍN, M.; POUPEAU, G. Depósitos de los últimos 40.000 años B.P. en el departamento de Risaralda, Colombia. *Suelos del Eje Cafetero.* Pereira: Proyecto UTP-GTZ, p. 26-31, 2001.

VAN DER HAMMEN, Th.; DOS SANTOS, A. (Ed.) *Studies on Tropical Andean Ecosystems.* Berlin/Stuttgart: Cramer, 1995.

VILLEGAS, H. La integración regional de la amenaza volcánica para el Parque Nacional de los Nevados en ambiente SIG. *Geología Colombiana*, No. 28, pp. 43-62. 2003.

WATERS, M. *Principles of Geoarchaeology. A North American Perspective.* Tucson, The University of Arizona Press. 1992.



Esta publicação foi elaborada pela Editora da PUC Goiás e impressa na Divisão Gráfica e Editorial da Pontifícia Universidade Católica de Goiás

Os textos conferem com os originais e são de responsabilidade dos autores