

A arqueometria e a análise de artefatos cerâmicos: um estudo de fragmentos cerâmicos etnográficos e arqueológicos por fluorescência de Raios X (EDXRF) e transmissão Gama

*Fabiola A. Silva¹; Carlos R Appoloni²;
Fernando R. E. Quiñones³; Ademilson O.
Santos⁴; Luzeli M. da Silva⁵; Paulo F.
Barbieri⁶; Virgilio F. Nascimento Filho⁷*

Resumo

Este trabalho trata da análise arqueométrica de diferentes conjuntos cerâmicos arqueológicos e etnográficos atribuídos a populações Tupi. O objetivo é ressaltar a importância destes estudos para o entendimento dos materiais cerâmicos. As análises arqueométricas são um meio privilegiado de acesso a um conjunto de dados fundamentais para a compreensão dos processos tecnológicos de diferentes populações. Este tipo de análise permite aos arqueólogos compreenderem melhor, as características de performance dos artefatos cerâmicos, possibilitando a construção de tipologias mais refinadas e,

¹ Universidade de São Paulo. Museu de Arqueologia e Etnologia. Av. Prof. Almeida Prado, 1466. CEP. 05508-070. São Paulo. A pesquisa dos dados apresentados neste trabalho foi realizada com o auxílio financeiro da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo - FAPESP.

² Universidade Estadual de Londrina. Departamento de Física. Rodovia Celso Garcia Cid s/n. CEP 86051-990. CP 6001. Londrina. Paraná. As análises dos materiais foram realizadas com o apoio do CNPq.

³ Universidade Estadual do Oeste do Paraná. Departamento de Engenharia Química. Av. da Faculdade, 2550. CEP 85903-000. Toledo. Paraná.

⁴ Universidade Estadual de Londrina. Departamento de Física. Rodovia Celso Garcia Cid s/n. CEP 86051-990. CP 6001. Londrina. Paraná.

Universidade de São Paulo. Laboratório de Instrumentação Nuclear na Agricultura (CENA). Piracicaba. São Paulo.

⁵ Universidade Estadual de Londrina. Departamento de Física. Rodovia Celso Garcia Cid s/n. CEP 86051-990. CP 6001. Londrina. Paraná.

⁶ Universidade Estadual de Londrina. Departamento de Física. Rodovia Celso Garcia Cid s/n. CEP 86051-990. CP 6001. Londrina. Paraná.

⁷ Universidade de São Paulo. Laboratório de Instrumentação Nuclear - Centro de Energia Nuclear na Agricultura (CENA). Piracicaba. São Paulo.

por outro lado, ampliando o entendimento sobre as características das tradições arqueológicas.

Palavras-chave: Arqueometria, Cerâmica Tupi Arqueológica, Cerâmica Tupi Etnográfica.

Abstract

This paper deals with the archaeometric analysis of different ethnographic and archaeological ceramic assemblages attributed to Tupi populations. The objective is to stand out the importance of these studies for the understanding of the ceramic materials. The archaeometric analysis is a privileged way of access to a basic data set for the understanding of the technological processes of different populations. This kind of analysis enables the archaeologists to a better understanding of the ceramics artifacts performance characteristics, facilitating the elaboration of more refined typologies and, on other hand, enlarging the understanding of the archaeological traditions characteristics.

Keywords: Archaeometry, Tupi Archaeological Ceramic, Tupi Ethnographic Ceramic.

Introdução

As ciências físicas têm contribuído sobremaneira nos estudos etnoarqueológicos e arqueológicos sobre o ciclo de vida dos artefatos cerâmicos. Em outras palavras, sobre a cadeia de eventos por que passam os artefatos cerâmicos desde a sua produção, passando pelo uso, manutenção e armazenagem até chegar ao estágio do seu descarte definitivo. Os dados por elas fornecidos podem auxiliar a reconstruir esta trajetória artefatu-al, contribuindo para o entendimento do comportamento tecnológico das populações arqueológicas e etnográficas investigadas.

Neste trabalho apresentaremos os resultados de um estudo arqueométrico realizado com fragmentos cerâmicos arqueológicos e etnográficos oriundos de duas regiões geográficas distintas: da região amazônica (centro-sul do Estado do Pará) e da região sul (norte do estado do Paraná). Os fragmentos cerâmicos etnográficos foram produzidos pelos Asurini do Xingu e os fragmentos cerâmicos arqueológicos amazônicos foram coletados na área de ocupação dos Asurini do Xingu e na área dos Kayapó-Xikrin do Cateté⁸, sendo identificados como de origem Tupi⁹. Os fragmentos cerâmicos arqueológicos da região sul foram coletados na Fazenda Santa Dalmácia, no município de Cambé e foram

⁸ Os Asurini do Xingu são uma população amazônica Tupi, falante de uma língua pertencente à família linguística Tupi-Guarani que reside em uma aldeia localizada às margens do rio Xingu (4°02'56" S e 52°34'55"). Os Kayapó-Xikrin do Cateté são uma população Kayapó, falante de uma língua pertencente à família Jê e que está distribuída em duas aldeias localizadas às margens do rio Cateté: aldeia Cateté (6°15'38"S e 50°48'14"W) e aldeia Djudjê-Kô (6°18'29"S e 50°54'16"). A coleta dos fragmentos arqueológicos e etnográficos ocorreu durante as pesquisas de campo de Fabíola Andréa Silva junto aos Asurini do Xingu e Kayapó-Xikrin, para a elaboração de sua tese de doutorado (Silva, 2000). Os fragmentos cerâmicos foram datados por Termoluminescência, sendo que aqueles coletados na aldeia Asurini apresentaram uma datação de 650 AP e os da aldeia Xikrin, uma datação de 450 AP.

⁹ Apesar do longo tempo da pesquisa arqueológica na Bacia do Xingu, o conhecimento a respeito das populações que ocuparam essa área ainda é muito superficial. Os dados arqueológicos publicados são poucos e restritos a tentativas de definição de conjuntos artefatuais e suas afiliações a tradições e fases, bem como, ao estabelecimento de algumas cronologias. Nesse sentido, a avaliação sobre a afiliação cultural dos fragmentos por nós coletados só pode ser feita em termos genéricos - dadas as características do material - e apoiada nas informações sobre a existência de cerâmica "Tupiguarani" nas regiões dos rios Xingu e Itacaiúnas (vide p.ex. Simões, 1978, 1983; Perota, 1977 e as informações constantes do Relatório do Projeto de Salvamento Arqueológico na Área do Complexo Hidrelétrico de Altamira - Xingu, 1986).

identificados como pertencentes à "Tradição Tupiguarani"¹⁰.

As análises arqueométricas foram realizadas para, por um lado, tentar explicar os processos tecnológicos empregados durante o processo de produção desses conjuntos artefatuais arqueológicos e etnográficos. E, por outro, para refletir sobre as escolhas tecnológicas realizadas pelas diferentes populações que produziram esses artefatos em diferentes momentos cronológicos e espaços geográficos. Um dos métodos utilizados foi o de Fluorescência de Raios X por Dispersão em Energia (EDXRF) que permite a identificação e medida, de forma simultânea, dos diferentes elementos químicos que constituem uma amostra, através dos raios X característicos emitidos pelos mesmos. Em nosso caso, foi possível medir a composição química elementar da pasta cerâmica dos diferentes fragmentos e, a partir disso, comparar as diferentes composições das argilas empregadas na elaboração dos artefatos cerâmicos, bem como dos pigmentos utilizados nos acabamentos de superfície. O outro método empregado foi o de Densitometria por Transmissão de Raios Gama cujo objetivo foi identificar a existência ou não de uso de antiplásticos na composição da pasta cerâmica e perceber as possíveis diferenciações no processo de preparação da argila e construção do vasilhame cerâmico.

Análise arqueométrica

Método de fluorescência de Raios X por dispersão em energia (EDXRF) para medida de composição química elementar

¹⁰ O termo "Tupiguarani" é utilizado para designar o conjunto de cerâmica arqueológica produzido pelos ascendentes das populações indígenas Guaraní. O referido sítio foi descoberto acidentalmente durante trabalhos agrícolas em 1990. Um grande fragmento foi analisado pela técnica de datação por termoluminescência, fornecendo a idade de 404 ± 30 anos, que dá suporte para a datação do sítio como sendo do período entre o último terço do século XVI ao primeiro terço do século XVII. A datação foi realizada no Laboratório de Cristais Iônicos, Filmes Finos e Datação do Departamento de Física Nuclear do Instituto de Física da USP.

Materiais e métodos

Como já foi dito anteriormente foram analisados fragmentos cerâmicos arqueológicos e etnográficos procedentes de duas regiões geográficas distintas, bem como de cronologias diferenciadas. As medidas dos materiais foram realizadas no Laboratório de Instrumentação Nuclear do Centro de Energia Nuclear na Agricultura da Universidade de São Paulo – Piracicaba - Brasil, utilizando a espectroscopia convencional de raios X. As amostras foram irradiadas sobre um cilindro de acrílico, aproximadamente 10 cm acima do sistema coaxial fonte-detector. O objetivo era a caracterização da composição dos elementos com número atômico baixo e alto na decoração plástica e na pasta cerâmica. As medidas foram realizadas no ar utilizando-se fontes radioativas e um tubo de raios X. Foram utilizadas as seguintes fontes de radioisótopo anulares: ²³⁸Pu (13 e 17keV; 13%; 95,2mCi; 86,6 anos), ⁵⁵Fe (5,89 keV; 28,5%; 16,5m Ci; 2,7 anos) e ¹⁰⁹Cd (22keV; 107%; 0,3mCi; 1,27 anos). O tubo de raios X empregado foi um tubo convencional com alvo de Mo e filtro de Zr, operando em 15 kV e 40 mA. Os raios X foram detectados com um detector de Si(Li) de 30 mm², com janela de Be, juntamente com um analisador multicanal. Para as fontes de ²³⁸Pu e ⁵⁵Fe o tempo de aquisição para realização de cada medida foi fixado em 40 minutos, enquanto que com a fonte de ¹⁰⁹Cd o tempo de aquisição foi prefixado em 120 minutos devido à baixa atividade. Com o tubo de raios X o tempo de aquisição foi de 200 segundos.

Os dados foram armazenados em disquete e analisados no Laboratório de Física Nuclear Aplicada (LFNA) do Departamento de Física da Universidade Estadual de Londrina, usando o aplicativo AXIL/QXAS (van Espen, 1977). Para a análise de procedência das cerâmicas foi utilizado um método gráfico desenvolvido por Rodolfo G. Figueroa e David G. Caro, chamado de "Método Poligonal" (Figueroa, 1994). Este método é mais simples que a análise por dendogramas e leva a resultados semelhantes. Os passos a seguir foram seguidos para a aplicação deste método.

A amostra é representada por um vetor definido como:

$$\vec{X} \mid /I_1, I_2, \dots, I_n \theta$$

onde: I_i representa o vetor componente que é a intensidade normalizada das linhas K , e n é o número de elementos que compõem a amostra.

O vetor é obtido em termos das componentes normalizadas não perpendiculares, com o ângulo de separação definido como:

$$\zeta_n \mid \frac{2\phi}{n}$$

A Fig.01 mostra esse ângulo de separação.

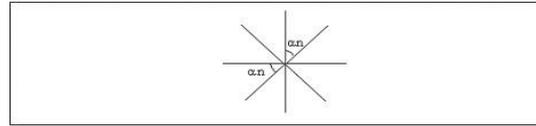


Fig.01 - Construção de eixos não perpendiculares, no caso que $n=8$

As componentes são normalizadas de acordo com:

$$I_{ni} \mid \frac{I_i}{\sum_{j=1}^n I_j}$$

onde: $\sum_{i=1}^n I_{ni} \mid 1$ ou seja, a soma de todos os elementos normalizados de cada amostra é igual a 1.

A partir destes passos construiu-se o "Método Poligonal". A Fig.02 mostra alguns exemplos de polígonos.

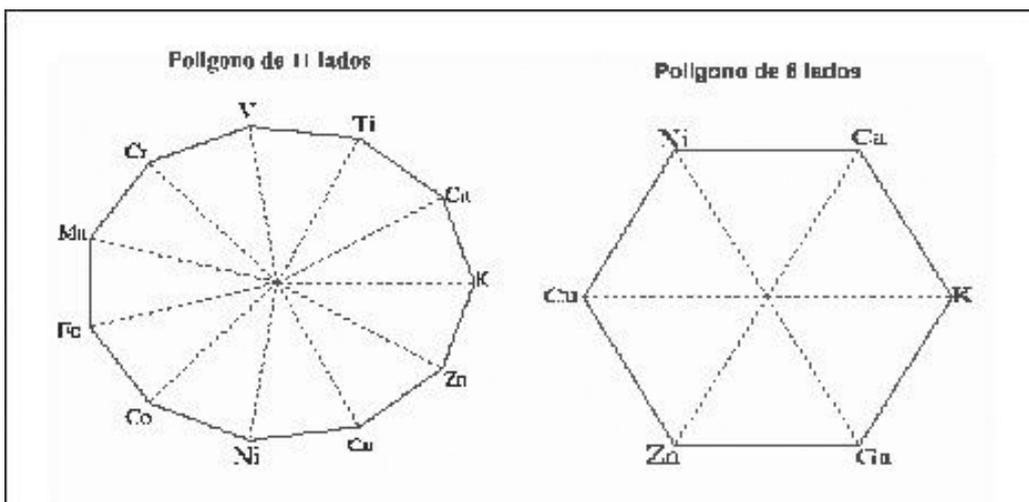


Fig.02 - Polígonos montados a partir do Método Poligonal

Resultados de composição química elementar

Com os dados de Fluorescência de Raios X podemos determinar a composição elementar das amostras, os elementos responsáveis pela decoração plástica e a correlação entre os fragmentos cerâmicos¹¹.

Para sabermos a composição elementar de uma amostra cerâmica temos que determinar a composição da pasta (par-

te central da amostra), pois esta representa o fragmento cerâmico.

Os espectros de raios X foram analisados utilizando-se o programa AXIL. A análise dos espectros de raios X nos permite conhecer quais os elementos químicos inorgânicos que compõem a amostra. A fig.03 mostra o espectro de fluorescência de raios X por dispersão de energia da pasta da amostra excitada com fonte de Ferro.

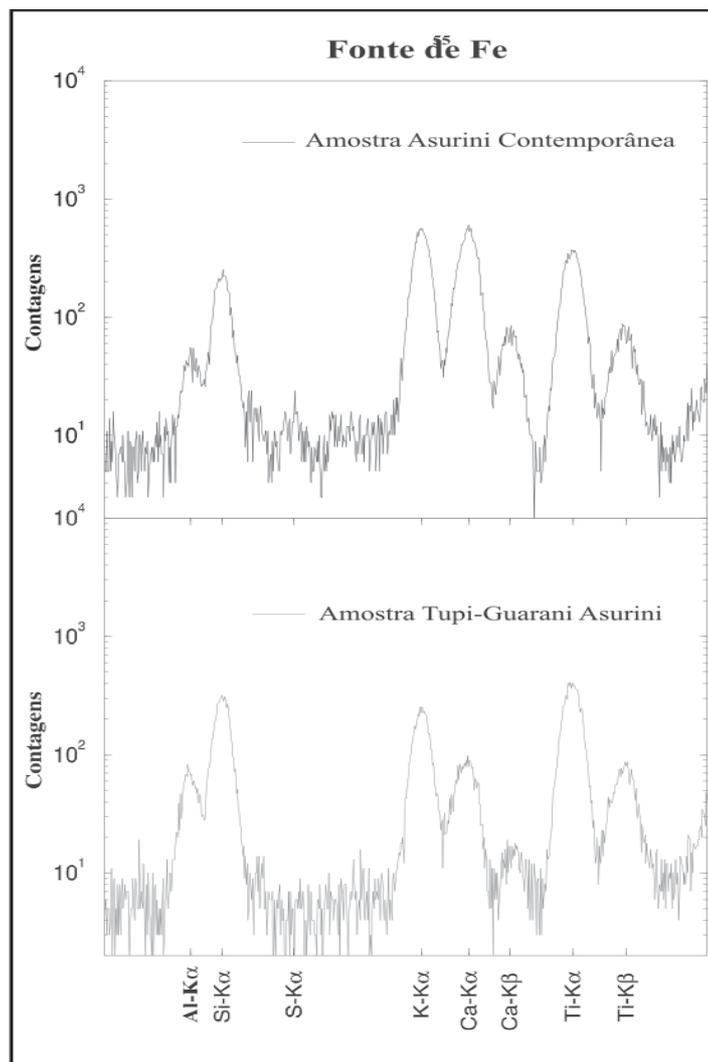


Fig.03 - Espectro de raios X das amostras de cerâmica etnográfica e arqueológica da aldeia Asurini

¹¹ Com relação à designação das amostras, as mesmas se dividem em: (a) Tupi Guarani arqueológica do Paraná (do sítio na Fazenda Santa Dalmácia) - sendo que uma delas em especial, pela análise da forma do fragmento, foi caracterizada como "de contato cultural" dos indígenas com os europeus e desta forma foi especificada como "amostra de contato"; (b) Tupi Guarani arqueológica das Aldeias Asurini e Xikrin, nomeadas apenas como Tupi Guarani ou Tupi Asurini e Xikrin, respectivamente; (c) amostras Etnográficas ou Contemporâneas da Aldeia Asurini, designadas como Asurini Etnográfica ou Contemporânea.

Com os dados de cada espectro de EDXRF, foram montadas tabelas de intensidades normalizadas à soma das intensidades dos raios X característicos da amostra. Esta intensidade é dada pela equação:

$$I_{rep} = \left(\frac{I}{\sum I} \right) \cdot 100$$

Onde I e I_{rep} , são a intensidade e a intensidade representativa do elemento na amostra, respectivamente.

As tab.01 e 02 mostram as intensidades representativas para as amostras excitadas com as fontes de ^{55}Fe e ^{238}Pu , respectivamente. Os valores entre parênteses nas tabelas são os desvios na intensidade representativa. Estas tabelas objetivam comparar os resultados entre as amostras Tupi Guarani (do Paraná e da Amazônia) com a amostra Asurini Etnográfica (ou contemporânea).

TAB.01- Intensidades normalizadas em relação à soma total dos elementos contidos na pasta cerâmica das amostras analisadas com fonte de ^{55}Fe

Fonte de ^{55}Fe				
Elementos	Amostra 1 Tupi Guarani - PR	Amostra 2 Tupi Guarani - PR	Amostra Tupi Aldeia Asurini	Amostra Asurini Etnográfica
Al	2,14(9)	2,07(7)	5,37(16)	1,39(14)
Si	5,58(14)	4,87(11)	24,26(32)	9,70(25)
P			0,28(7)	
S				0,28(5)
K	3,66(11)	2,62(9)	23,47(32)	32,58(32)
Ca	4,21(13)	4,47(11)	6,49(20)	32,80(31)
Ti	84,42(50)	85,96(42)	40,13(48)	23,60(31)

TAB.02- Intensidades normalizadas em relação à soma total dos elementos contidos na pasta cerâmica das amostras analisadas com fonte de ^{238}Pu

Fonte de ^{238}Pu				
Elementos	Amostra 1 Tupi Guarani - PR	Amostra 2 Tupi Guarani - PR	Amostra Tupi Aldeia Asurini	Amostra Asurini Etnográfica
K	0,30(5)	0,12(5)	0,28(4)	1,37(9)
Ca	0,30(5)	0,26(5)	0,31(3)	1,66(7)
Ti	8,88(12)	7,51(11)	2,51(5)	1,88(7)
Cr			0,13(2)	0,17(4)
Mn	0,44(15)	0,63(5)	0,69(3)	0,16(4)
Fe	87,69(35)	89,37(33)	93,77(19)	92,44(28)
Co	0,79(10)	0,84(10)	0,56(6)	0,81(9)
Ni			0,12(2)	0,28(4)
Cu	0,85(6)	0,66(4)	0,20(2)	0,32(3)
Zn	0,55(5)	0,47(4)	0,69(3)	0,51(4)
Ga	0,20(4)	0,14(3)	0,22(2)	0,15(3)
As			0,21(3)	
Se			0,29(5)	0,26(7)

Através da análise com fonte de Ferro, se pode notar que as amostras da Fazenda Santa Dalmácia são praticamente iguais. Já as amostras da Amazônia possuem concentrações distintas das "Tupiguarani" do Paraná, tanto em relação a estas como entre si.

As amostras Asurini etnográficas são ricas em Potássio e Cálcio, como pode ser visto na Fig.03 e na Tab.01. O fragmento arqueológico Tupi encontrado na

aldeia Asurini tem uma grande quantidade de Silício (vide Tab.01). Através da análise com as demais fontes de excitação nota-se que as amostras tem uma grande quantidade do elemento de Ferro.

A Tab.03 a seguir mostra um resumo dos elementos medidos para três tipos de fragmentos cerâmicos da Amazônia, comparando a composição elementar das pastas cerâmicas.

Tab.03- Intensidade medida dos picos dos elementos encontrados na pasta cerâmica por fluorescência de raios X de três amostras cerâmicas. Medidas realizadas com tubo de raios X (anodo de Mo, filtro de Zr, 15 kV)

Medidas de Intensidade da Pasta Cerâmica			
Elemento	Tupi Aldeia Xikrin	Asurini Etnográfica	Tupi Aldeia Asurini
K	482	1673	960
Ca	881	2100	502
Ti	2165	2447	2675
Cr	428	238	#
Mn	1282	205	208
Fe	89059	124670	106670
Ni	568	272	#
Cu	619	398	328
Zn	1129	659	638
Ga	181	182	323
As	#	#	199
Se	#	408	453

elemento não encontrado.

Para determinar os elementos responsáveis pela decoração plástica com mais precisão, os dados de intensidade dos lados da amostra foram normalizados ao espectro de fundo da pasta, ou seja:

$$I_{norm} = I \left(\frac{F_{pasta}}{F_{lado}} \right)$$

onde: I_{norm} é a intensidade normalizada I é a intensidade, F_{pasta} e F_{lado} são os fundos da pasta e do lado respectivamente.

Após realizada a normalização das intensidades dos lados, subtraiu-se a intensidade da pasta dos lados, para cada elemento, usando a equação:

$$I_{dec} = I_{norm} - 4 I_{pasta}$$

onde: I_{dec} é a intensidade da decoração plástica e I_{pasta} é a intensidade da pasta.

As intensidades representativas foram obtidas de maneira análoga à descrita anteriormente para a pasta cerâmica.

A tab.04 mostra as intensidades representativas dos elementos presentes na decoração plástica de alguns fragmentos, com seus respectivos desvios entre parênteses.

TAB.04-Intensidades representativas dos elementos contidos na decoração plástica das amostras analisadas com fonte de ^{55}Fe

Fonte de ^{55}Fe				
Elementos	Amostra 1 Tupi Guarani - PR	Amostra 2 Tupi Guarani - PR	Amostra Tupi Aldeia Asurini	Amostra Tupi Aldeia Asurini
Si		28(2)		
P			7,8(4)	4,8(8)
K		72(2)		
Ca	100(21)		13(1)	19,3(17)
Ti			79,2(37)	75,9(55)

Os elementos contidos na decoração plástica podem ser melhor visualizados através dos espectros normalizados para o fundo da pasta, mostrados nas Fig.04 e 05.

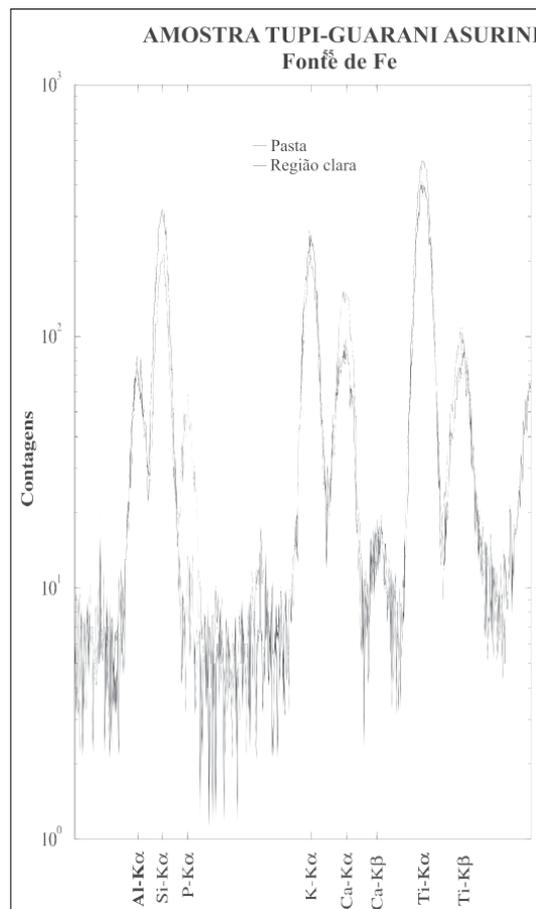


Fig.04 - Superposição dos espectros de raios X da pasta cerâmica e da região do pigmento cinza claro em fragmento de cerâmica arqueológica Tupi da aldeia Asurini

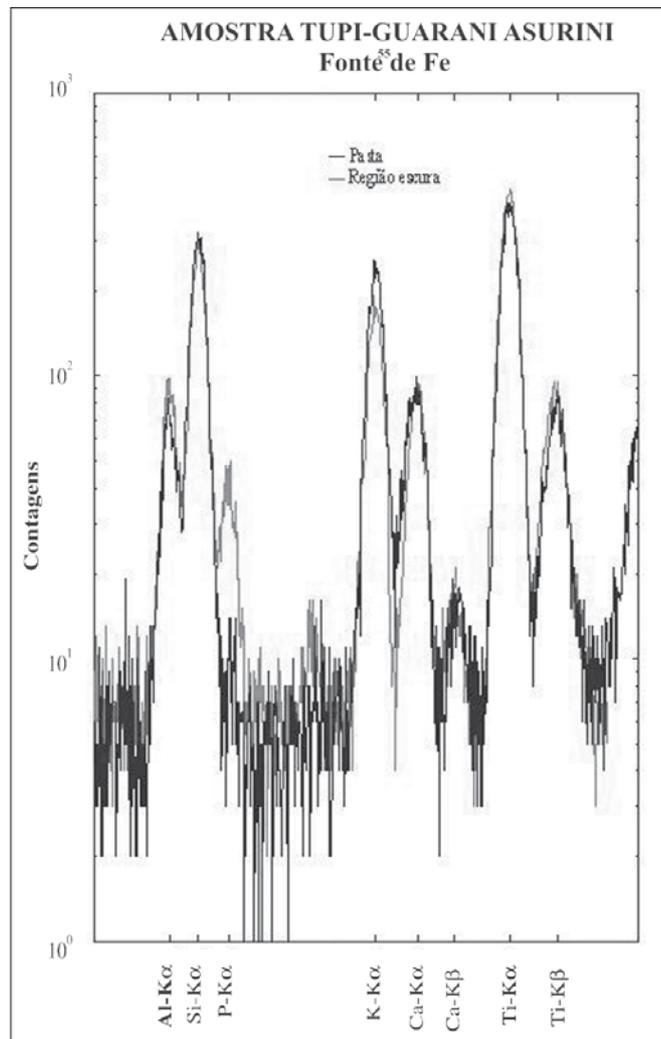


Fig.05 - Superposição dos espectros de raios X da pasta cerâmica e da região do pigmento cinza escuro em fragmento de cerâmica arqueológica Tuپی da aldeia Asurini

Como pode ser visto na Fig.04, a pigmentação cinza claro na amostra Tuپی da aldeia Asurini é caracterizada pelos elementos fósforo, cálcio e titânio (vide Tab.04).

A pigmentação cinza escura no fragmento Tuپی da aldeia Asurini é proveniente, principalmente, dos elementos fósforo e titânio, como pode ser visto na Fig.05 e conforme Tab.04.

Para determinar a correlação entre os fragmentos cerâmicos utiliza-se o método de representação poligonal. Primeiramente, montou-se um polígono com os dados das amostras anali-

sadas com a fonte de Plutônio, conforme a Fig.06. Através deste polígono podemos notar que há uma grande quantidade do elemento Ferro (Fe) presente em todas as amostras, pois todos os vetores amostras estão perto do eixo do Ferro. Isso já era esperado, pois no solo brasileiro há uma grande quantidade desse elemento nas argilas.

Como se pretende determinar a correlação entre os fragmentos cerâmicos com maior precisão, retiramos esse elemento dominante, resultando no polígono apresentado na Fig.07.

Nas Fig.08 e 09 podemos ver que as amostras da região de Cambé (amostra Tupiguarani 02 e amostra de contato) estão agrupadas próximas umas das outras, conseqüentemente possuem a mesma composição elementar, já os fragmentos cerâmicos da Amazônia possuem composição elementar diferente, agrupando-se em outra região do polígono.

Através da análise por fluorescência de raios X foram identificados 17 elementos: Al, Si, K, Ca, Ti, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Ga, Sr, Y, Zr, As e Se. O elemento Fe está presente em grande quantidade nas amostras. As amostras da Amazônia possuem maiores quantidades de Si, K e Ca que as amostras de Cambé.

Usando a normalização das quantidades elementares contidas nas laterais e na pasta e fazendo-se a superposição dos espectros, foram determinados os elementos responsáveis pela decoração plástica dos fragmentos cerâmicos, ficando clara a origem inorgânica dos mesmos que são:

Pigmento branco, o responsável por esta pigmentação é o Potássio.

Pigmento marrom é dado por uma mistura de Mg, Fe e Cu.

Pigmento cinza claro é dado por uma mistura de P, Ca e Ti.

Pigmento cinza escuro é dado pela mistura de P e Ti.

O método poligonal mostrou-se muito eficaz na determinação da correlação entre a procedência das amostras cerâmicas. Através deste método foi mostrado que as amostras vindas da Amazônia não têm composição elementar semelhante, ou seja, não foram feitas com a mesma argila. (vide as Fig.08 e 09). Já as amostras vindas da Fazenda Santa Dalmácia estão altamente correlacionadas, ou seja, tem composições elementares semelhantes.

Método de densitometria por transmissão de Raios Gama

Fundamentação teórica

A técnica de densitometria consiste em se fazer uma "varredura" da amostra, para se inspecionar a estrutura interna e homogeneidade da pasta cerâmica, através da atenuação da radiação gama pelos diferentes fragmentos. Foi utilizada uma fonte radioativa de ^{241}Am e um suporte para a fixação das amostras, de forma a se fazer medidas horizontais com intervalos de 1 mm, em três diferentes posições das amostras.

Para esta metodologia é utilizada a seguinte equação:

$$I = I_0 e^{-\mu_c \rho_c x} \dots\dots\dots(4)$$

$$m_c \cdot r_c = (1/x) \cdot \ln(I_0 / I) \dots\dots(5) \text{ onde:}$$

I - intensidade do feixe que atravessa a amostra;

I_0 - intensidade do feixe proveniente da fonte radioativa;

m_c - coeficiente de atenuação de massa da amostra cerâmica;

r_c - densidade da amostra cerâmica;

x - espessura da amostra cerâmica.

É necessário ainda corrigir as intensidades levando em conta a taxa de contagem da radiação de fundo e o tempo morto da eletrônica de aquisição.

O coeficiente de atenuação de raios gama (m_c) é uma característica física importante da pasta cerâmica (Appoloni, 1994), refletindo sua composição, e seu conhecimento é necessário para a determinação da densidade absoluta.

A função $m_c \cdot r_c$ versus posição na amostra fornece um mapa proporcional à densidade. Para obter-se r_c versus posição, é necessário conhecer m_c com boa precisão, o que foi realizado pelo método

do dos dois meios (Cunha e Silva, 2000), para evitar o problema da espessura variável das amostras de cerâmica arqueológica.

Arranjo experimental

As medidas foram realizadas no Laboratório de Física Nuclear Aplicada do Depto. de Física da Universidade Estadual de Londrina.

O arranjo experimental consistiu de: fontes de Am-241 (linha de 59,6keV), 100mCi e de Gd-153 (linhas de 44 e 99,8keV), 150mCi ; cadeia eletrônica padrão para espectrometria gama; detector de cintilação NaI(Tl), de 2" de diâmetro; suporte para as amostras, com movimentação vertical e horizontal; dois colimadores de Pb na saída da fonte, de 1mm e 2mm de diâmetro, distanciados de 1,7cm; colimador de Pb na entrada do detector, de 5mm de diâmetro. A colimação, as distâncias fonte-amostra (de 12,5 a 13,5cm dependendo da amostra) e amostra-detector (0,5cm) foram otimizadas de forma a obter-se a melhor condição possível de boa geometria.

As amostras foram examinadas com passo de translação horizontal de 1mm, em três diferentes níveis verticais, es-

paçados de 6,5mm, em região afastada das bordas.

Para a determinação do coeficiente de atenuação de massa de cada pasta cerâmica, o coeficiente de atenuação linear foi medido pelo método dos dois meios (Cunha e Silva, 2000), e a densidade média de cada amostra pelo método gravimétrico convencional. Três pares de dois meios foram usados para a determinação independente do coeficiente de atenuação: pó de mármore e areia, água e areia, pó de mica e areia. Foi utilizado o valor médio dos valores obtidos.

Os desvios estatísticos nas taxas de contagem durante os experimentos ficaram na faixa de 0,2 a 0,8%.

Resultados de densitometria

Na Tab.05 são apresentados os valores médios do coeficiente de atenuação linear obtidos pelo método dos dois meios (Cunha e Silva, 2000) e a densidade média obtida pelo método gravimétrico, empregados juntamente com os mapas das medidas de $m_c r_c$ versus posição para obter os gráficos de r_c versus posição, apresentados nas Fig.10 a 15, a seguir.

Tab.05 - Valores médios do coeficiente de atenuação linear obtidos pelo método dos dois meios e as densidades médias obtidas pelo método gravimétrico para as amostras analisadas.

Amostra	$\eta_c \eta_c \text{ (cm}^{-1}\text{)}$	$\eta_c \text{ (g/cm}^3\text{)}$
XTP-1 Xikrin (arqueológica) Amostra 1	0,0405(4)	1,70(3)
XTP-1 Xikrin (arqueológica) Amostra 2	0,0546(3)	1,87(2)
XTP-1 Xikrin (arqueológica) Amostra 3	0,0486(3)	1,68(3)
AXTP-1 Asurini (arqueológica)	0,0478(9)	1,71(3)
AXC-1 Asurini (etnográfica)	0,0514(3)	1,47(2)
ARG-1 Tupiguarani Sta. Dalmácia	0,0402(3)	1,54(1)

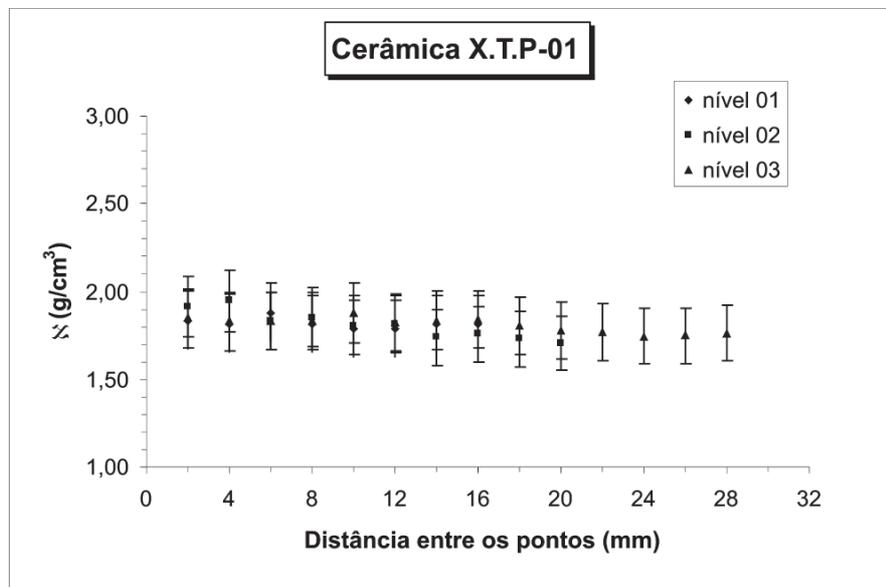


Fig.10 - Densitometria de fragmento cerâmico de antigas populações Tupi da área da aldeia Xikrin - amostra 1

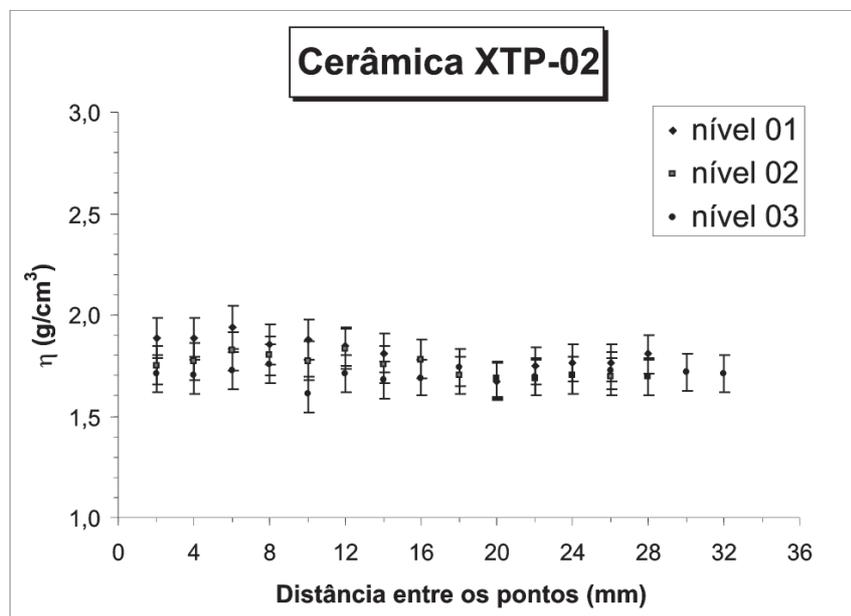


Fig.11 - Densitometria de fragmento cerâmico de antigas populações Tupi da área da aldeia Xikrin - amostra 2

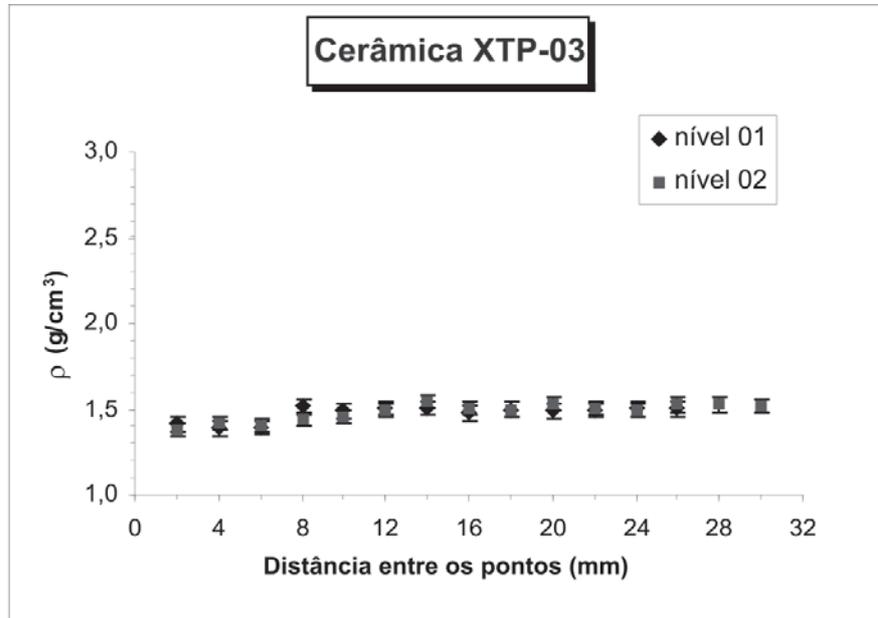


Fig.12 - Densitometria de fragmento cerâmico de antigas populações Tupi da área da aldeia Xikrin - amostra 3

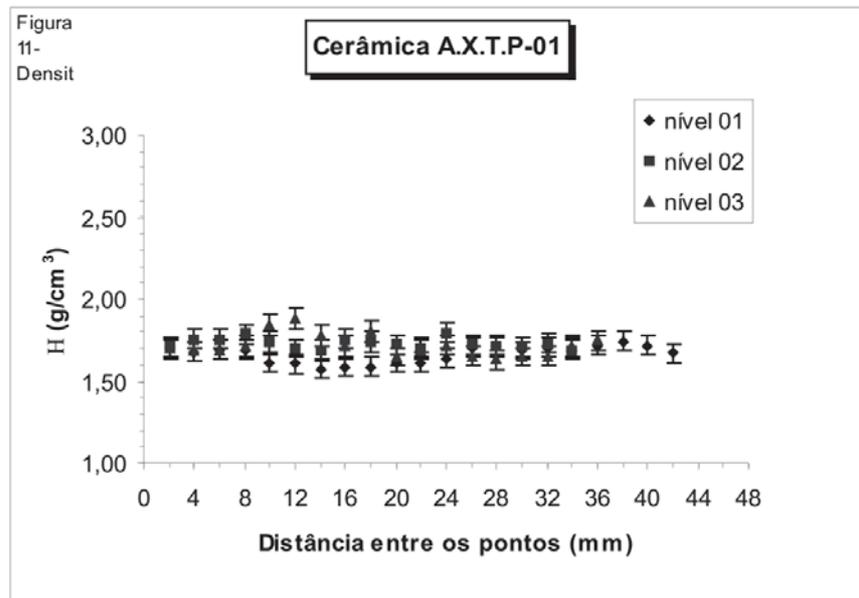


Fig.13 - Densitometria de fragmento cerâmico de antigas populações Tupi da aldeia Asurini - amostra 1

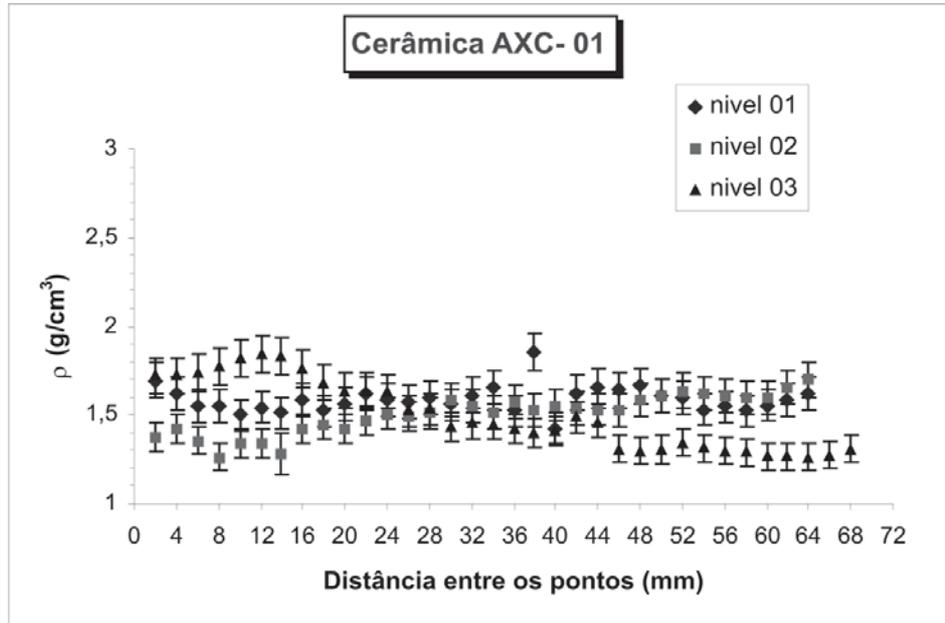


Fig.14 - Densimetria de fragmento cerâmico contemporâneo da aldeia Asurini – amostra 1

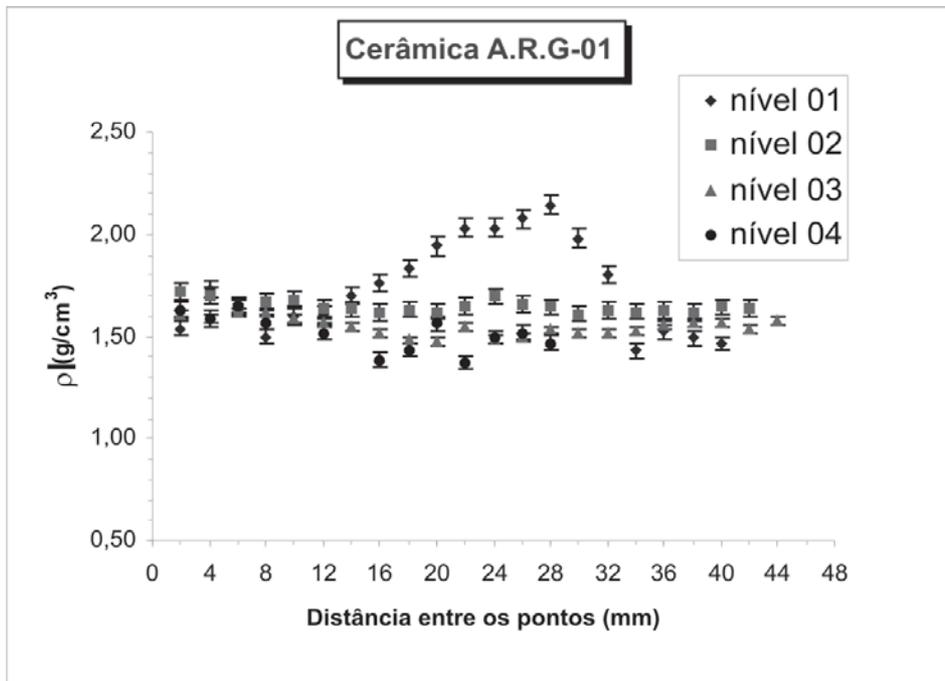


Fig.15 - Densimetria de fragmento cerâmico Tupiguarani da Fazenda Sta. Dalmácia

As cerâmicas amazônicas apresentam um perfil de densidade razoavelmente homogêneo. O mais homogêneo é o fragmento cerâmico de antigas populações

Tupi da área da aldeia Xikrin – amostra 3 (Fig.12). O mais heterogêneo é o fragmento cerâmico contemporâneo da aldeia Asurini – amostra 1 (Fig.14). Para

comparação, a Fig.15 apresenta o perfil de densidade de um fragmento Tupi-Guarani da Fazenda Sta. Dalmácia, Cambe, PR, que apresenta um chamote da ordem de 5mm no nível 1, mostrando que se a cerâmica apresenta mudanças de densidade pela presença de aditivos de maior densidade ou a presença de buracos devido a aditivos orgânicos que se desfizeram (como raízes), o mapa densitométrico tem sensibilidade para detectar.

Considerações sobre os resultados do estudo arqueométrico

O estudo arqueométrico desse material cerâmico nos possibilitou entender alguns aspectos da sua tecnologia de produção no que se refere, especificamente, à seleção e preparo da matéria-prima, construção e acabamento de superfície dos vasilhames e suas possíveis características de performance.

Sobre a seleção e preparo da matéria-prima

No caso estudado foi possível observar que os quatro conjuntos cerâmicos foram produzidos com argilas diferenciadas conforme ficou demonstrado pela determinação da composição química das argilas. Um outro aspecto interessante do estudo foi a verificação de que as argilas empregadas nos conjuntos amazônicos eram diferenciadas entre si. Ou seja, mesmo vivendo em um ambiente semelhante, os grupos fizeram escolhas distintas com relação à seleção da matéria-prima.

É importante ressaltar que no processo de confecção da cerâmica, a argila é o elemento material mais importante. Elas são um grupo particular de minerais, diferenciadas entre si e originadas pela decomposição de diferentes

rochas. Esta decomposição pode se dar através de dois processos: 1) a fragmentação, quando há uma desintegração mecânica da rocha; 2) a hidrólise, quando reações químicas dos minerais provocam o surgimento de novos. Estes dois processos são o resultado das condições climáticas, principalmente, da temperatura e pluviosidade de uma determinada região. Nos ambientes frios e secos a fragmentação é o processo dominante, já nos ambientes quentes e úmidos, o mais comum é a hidrólise, resultante das altas temperaturas e dos altos índices pluviométricos (Rice, 1987:31-36). Dependendo das características da sua origem as argilas podem ser depósitos sedimentares ou autóctones.

A plasticidade é a propriedade mais fundamental de uma argila e é ela que possibilita a mesma ser modelada sob pressão. Esta é resultante de diferentes fatores: tamanho das partículas de argila, forma das partículas de argila, quantidade de água na argila, íons absorvidos, componentes minerais, localização dos depósitos, material orgânico, componentes minerais não argilosos e temperatura. A boa argila é aquela que é suficientemente plástica para ser modelada, contrabalançando as características de extensibilidade e capacidade de ser seccionada e, ao mesmo tempo, que apresenta um processo de contração que não resulta em quebra durante a secagem e queima (Rice, 1987:54-63; Tite, 1999:184).

Entre os Asurini, esta é a primeira propriedade a ser considerada na escolha de uma argila para a confecção de suas vasilhas. Depois disso, testam a sua resistibilidade à queima e só então a definem como sendo "um barro bom". Um depósito argiloso sempre necessita passar por este controle de qualidade para ser explorado.

Os dois depósitos argilosos (*jae'uma kwara*)¹² explorados pelas mulheres

¹² Kwara - buraco

Asurini ficavam próximos às margens do rio Xingu, localizados a menos de 2 horas de caminhada da aldeia. O depósito que ficava mais próximo do rio (4°04'11"S e 52°34'36"W), estava sendo explorado desde a ocupação da aldeia há mais de dez anos. O depósito "do mato" (4°03'31"S e 52°34'31"W), como se referiam as Asurini foi encontrado posteriormente e estava sendo explorado mais intensamente nos últimos quatro anos.

Na análise mineralógica e granulométrica¹³ realizada com as amostras de argila dos dois depósitos, foi possível verificar que aquele localizado mais próximo ao rio e que foi primeiramente explorado, apresentava uma argila composta de minerais (caolinita e haloisita)¹⁴ que implicam numa plasticidade menor, mas cuja granulometria (grande quantidade de areia grossa) resulta em menos quebras durante o processo da queima¹⁵. O segundo depósito, por sua vez, tem uma argila composta de minerais (esmectita e ilita)¹⁶ que absorvem e retêm maior quantidade de água e que por esta razão tem uma maior plasticidade mas, ao mesmo tempo, uma maior probabilidade de quebra durante a queima.

As Asurini têm conhecimento destas propriedades diferenciadas dos depósitos, mas ambos são considerados bons porque embora a plasticidade seja distinta, as argilas apresentam uma boa resistibilidade à queima e possibilitam a elaboração de uma pasta cerâmica

sem o uso de tempero (antiplástico adicionado). Aliás, este último aspecto também parece ter sido considerado na escolha da matéria-prima utilizada para a produção da cerâmica arqueológica encontrada na aldeia Asurini e na aldeia Xikrin. Ou seja, as populações que as produziram, da mesma forma que as ceramistas Asurini, escolheram argilas que não necessitavam do uso de aditivos para serem processadas. Cabe ressaltar que sendo estes conjuntos cerâmicos arqueológicos identificados como de filiação Tupi, poderia se pensar em uma continuidade no estilo tecnológico no que se refere à não utilização de tempero na pasta cerâmica por parte destas populações Tupi, ao longo do tempo.

Isso, por sua vez, ocorreu de forma diferenciada com relação à cerâmica do sul do Brasil tendo em vista que esta apresentava tempero na composição da pasta. O termo tempero é, normalmente, empregado para definir os componentes existentes na pasta cerâmica que teriam sido intencionalmente adicionados pelos ceramistas para modificar as propriedades da mesma. Os temperos podem ser materiais orgânicos ou minerais, ou ainda, de origem humana. No caso por nós estudado, o tempero, utilizado nas cerâmicas arqueológicas encontradas no Paraná são deste último tipo, ou seja, trata-se de cacos cerâmicos (chamote). A adição de tempero à pasta cerâmica pode modificar as ca-

¹³ Esta análise foi realizada por pesquisadores do Departamento de Geografia da Universidade Estadual de Maringá, durante o período da pesquisa de doutoramento de Fabíola Andréa Silva.

¹⁴ A esmectita constitui um grupo de argilas formadas a partir da alteração de rochas básicas e ricas em minerais como o cálcio, magnésio e o ferro. Apresenta uma granulometria fina, uma plasticidade muito boa, contração alta durante a secagem e em ambientes de alta chuva e temperatura elevada pode se transformar em caolinita. A ilita constitui um outro grupo de argilas semelhante a esmectita que costuma ser formado pela alteração de caolinitas. Sua granulometria é fina e a plasticidade é boa e é normalmente encontrado em sedimentos calcários (Rice, 1987:43-50).

¹⁵ As análises de espectrometria infravermelho e conclusões a respeito dos depósitos argilosos foram elaboradas pela Profa. Dra. Maria Tereza Nóbrega, do Departamento de Geografia da Universidade Estadual de Maringá, no Paraná.

¹⁶ Caolinita constitui um grupo de argilas em avançado desgaste com referência à rocha mãe (p.ex.granito). Este mineral é normalmente formado em ambientes quentes e tropicais e é rico em alumínio. Sua granulometria é alta, plasticidade boa e com uma baixa contração na secagem (Rice, 1987:44-47).

racterísticas da argila em termos da sua plasticidade, auxiliar na redução da contração durante a secagem para evitar quebras, diminuir o ponto de vitrificação na queima e aumentar a resistibilidade da peça.

Infelizmente, no que se refere aos conjuntos arqueológicos do Paraná não possuímos dados sobre a mineralogia e granulometria das argilas e assim não podemos explicar o porquê da utilização do tempero feito de cacos cerâmicos. Podemos apenas inferir que o mesmo tenha sido empregado para alterar as propriedades da argila.

Como se pode perceber, identificar a composição química e mineralógica das argilas e o uso ou não de tempero na pasta cerâmica é muito importante para os arqueólogos, pois isso possibilita refletir sobre os aspectos comportamentais que resultaram nas escolhas pela utilização de determinados tipos de argilas e antiplásticos e a relação existente entre estas escolhas e as características de performance dos artefatos.

Sobre o modo de construção e acabamento de superfície do vasilhame

O estudo arqueométrico também auxilia na identificação dos procedimentos empregados na construção dos vasilhames e permite identificar a utilização de pigmentos na etapa de acabamento de superfície dos mesmos.

Com o resultado das análises foi possível verificar que todos os conjuntos cerâmicos foram produzidos através da técnica do roletado, ou seja, pela sobreposição de roletes de argila que vão sendo unidos através do alisamento da superfície interna e externa do vasilhame. Cabe lembrar que este tipo de técnica é comum aos conjuntos cerâmicos relacionados com populações Tupi e podemos considerar a mesma como um dos aspectos mais característicos que definem o seu estilo tecnológico de produção cerâmica – embora não seja exclusivo des-

tas populações. As análises de densitometria, por outro lado, permitiram verificar que as cerâmicas arqueológicas sofreram um processo de alisamento de suas superfícies mais intenso que as amostras de cerâmica etnográfica e, ao mesmo tempo, que o preparo da pasta cerâmica foi diferenciado no que se refere ao uso ou não de antiplástico na argila.

Quanto ao acabamento de superfície pudemos perceber a presença de pigmentos minerais nas amostras arqueológicas amazônicas, sendo os pigmentos de coloração cinza e cinza escuro. Além deste tipo de acabamento de superfície, os fragmentos também apresentavam as superfícies alisadas e corrugadas, sendo este último um dos principais indicadores de cerâmica Tupi arqueológica e, particularmente, da cerâmica da "Tradição Tupiguarani".

Sobre as características de performance dos vasilhames

As escolhas que são feitas pelos artesãos durante o processo de produção dos vasilhames se refletem nas características de performance destes objetos. Através dos estudos etnográficos nós percebemos que muitas destas escolhas são deliberadamente tomadas a fim de que o objeto atenda, de forma considerada adequada pelo artesão, as demandas funcionais a ele atribuídas.

Conforme já relatamos, o estudo de densitometria das amostras cerâmicas evidenciou diferenças entre os conjuntos. As cerâmicas amazônicas (arqueológicas e etnográficas) revelaram uma densidade bastante homogênea da pasta e a não utilização de antiplástico intencionalmente adicionado. Porém, apesar desta densitometria homogênea, existe uma diferença nos coeficientes de densidade entre estas cerâmicas etnográficas e arqueológicas. Isso, por sua vez, indica que as cerâmicas arqueoló-

gicas seriam menos porosas e, por esta razão mais resistentes ao choque mecânico e menos permeáveis que as cerâmicas etnográficas. No que se refere às amostras de cerâmica arqueológica do Paraná o que se observa é uma total diferença na sua densitometria em comparação com os conjuntos amazônicos e, conforme já salientamos, a utilização de antiplástico do tipo chamote. Neste caso, trata-se de cerâmica de espessura mais grossa e que, por esta razão, também teria uma maior resistibilidade ao choque mecânico.

De todos os conjuntos cerâmicos, portanto, a cerâmica etnográfica seria a menos resistente ao choque mecânico mas, por outro lado, seria aquela com maior capacidade térmica devido a menor espessura de suas paredes. Ou seja, o cozimento dos alimentos seria realizado em um tempo mais curto nas vasilhas Asurini em comparação com os dois conjuntos de vasilhames arqueológicos. Por outro lado, as superfícies corrugadas das cerâmicas arqueológicas transmitem mais o calor do que as superfícies alisadas das vasilhas etnográficas.

Conclusão

Os estudos arqueométricos cada vez mais se fazem necessários para a interpretação dos vestígios cerâmicos, pois eles propiciam o acesso a informações que não podem ser obtidas sem o auxílio destas metodologias e técnicas de análise. Ou seja, eles possibilitam que tenhamos acesso a um universo maior de dados sobre as tecnologias das populações do passado.

Diversos estudos têm demonstrado, que a relação do homem com o mundo material se dá a partir das representações que este constrói sobre o mesmo e que são compartilhadas e reafirmadas socialmente. Ao mesmo tempo, que há uma infinidade de fatores que determinam a exploração e

o manejo dos recursos naturais que, em última instância, implica em “uma relação de conhecimento e ação entre as pessoas e seu ambiente” (Diegues, 1996:78).

Neste processo de interação do homem com o seu meio natural, a tecnologia atua como um mecanismo de intermediação a partir do qual é definido o modo como os homens irão organizar os meios materiais e os conhecimentos para explorar os recursos naturais e transformá-los em produtos culturais. Neste sentido, os sistemas tecnológicos não devem ser entendidos, no contexto arqueológico, exclusivamente como índices de adaptabilidade. Devido à dimensão social e simbólica que possuem, os mesmos devem ser também entendidos e investigados como um meio de expressão cultural. Assim, os estudos sobre artefatos cerâmicos que levem em consideração a totalidade dos seus elementos constitutivos podem gerar um maior refinamento interpretativo tanto do ponto de vista tipológico como das características de performance destes artefatos e, conseqüentemente, transformar nossas concepções sobre as tradições arqueológicas. Os exemplos de cerâmica Tupi, apresentados neste trabalho evidenciaram que dentre estes diferentes conjuntos há diferenças e semelhanças regionais no que se refere às escolhas tecnológicas. Isso nos faz pensar que uma tradição tecnológica de longa duração como é a chamada “Tradição Tupiguarani” poderia ser entendida como sendo o resultado de performances culturais diferenciadas, ao longo do tempo e do espaço, no que se refere às escolhas tecnológicas e que o seu entendimento implicaria necessariamente na realização de estudos regionais comparativos e na percepção das expressões particulares e convergentes destas diferentes populações.

Referências Bibliográficas

- APPOLONI, C. R. & RIOS, E. A. 1994. Mass attenuation coefficients of brazilian soils in the range 10-1450 keV. *Applied Radiation and Isotopes*, 45(3): 287-291.
- CESAREO, R. 2000. X-Ray Physics: Interaction with matter, production, detection. *La Rivista del Nuovo Cimento*, Volume 23 (4), N°7. 231 pages,
- CUNHA e SILVA, R. M. et al. 2000. Two media method for gamma ray attenuation coefficient measurement of archaeological ceramic samples. *Applied Radiation and Isotopes*, 53: 1011-1016.
- FIGUEROA G. et al. 1994. A new method of graphic representation of samples analysed by XRF. New York, *Advances in X-ray Analysis*, Vol. 37.
- PEROTA, C. *Relatório de trabalho de campo realizado no rio Xingu, durante o mês de julho de 1977, para o Programa Nacional de Pesquisas Arqueológicas de Bacia Amazônica (PRONAPABA)*. Vitória. 103p. (Ms inédito). 1977.
- RICE, P. M. 1987. *Pottery Analysis (A sourcebook)*. Chicago, The University of Chicago Press.
- SILVA, F.A. 2000. *As tecnologias e seus significados. Um estudo da cestaria Kayapó-Xikrin e da cerâmica Asurini do Xingu sob uma perspectiva etnoarqueológica*. Tese de Doutorado. São Paulo. Universidade de São Paulo.
- SIMÕES, M. 1983. Pesquisa e cadastro de sítios arqueológicos na Amazônia Legal Brasileira (1978-1982). *Publicações Avulsas do Museu Goeldi*. 1983.
- SIMÕES, M. & ARAÚJO-COSTA, F. 1978. Áreas da Amazônia Legal Brasileira para pesquisa e cadastro de sítios arqueológicos. *Publicações Avulsas do Museu Goeldi*.
- VAN ESPEN, P. et al. 1977. A method for the accurate description of the full-energy peaks in the non-linear least-square analysis of X-ray spectra. *Nuclear Instrumental Methods*, 145: 579-582.
- TITE, M.S. 1999. Pottery production, distribution and consumption – the contribution of the physical sciences. *Journal of Archaeological Method and Theory*, v.6 (3): 181-233.