



ISSN 1676 - 1340

Novembro, 2002

*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária  
Centro Nacional de Pesquisa Recursos Genéticos e Biotecnologia  
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento*

## ***Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 23***

### **Uso de Grãos de Amido na Identificação e Análise de Materiais Arqueológicos Vegetais**

Fábio de Oliveira Freitas

Brasília, DF  
2002

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

**Embrapa - Recursos Genéticos e Biotecnologia**

Serviço de Atendimento ao Cidadão

Parque Estação Biológica, Av. W5 Norte (Final) - Brasília, DF  
CEP 70770-900 - Caixa Postal 02372

PABX: (61) 448-4600

Fax: (61) 340-3624

<http://www.cenargen.embrapa.br>

e.mail:sac@cenargen.embrapa.br

**Comitê de Publicações da Unidade**

Presidente: José Manuel Cabral de Sousa Dias

Secretária-Executiva: Miraci de Arruda Camara Pontual

Membros: Antônio Costa Allem

Marcos Rodrigues de Faria

Marta Aguiar Sabo Mendes

Sueli Correa Marques de Mello

Vera Tavares Campos Carneiro

Suplentes: Edson Junqueira Leite

José Roberto de Alencar Moreira

Supervisor Editorial: Miraci de Arruda Camara Pontual

Revisor de texto: Felisberto de Almeida

Normalização Bibliográfica: Maria Alice Bianchi

Tratamento de Ilustrações: Alysson Messias da Silva

Editoração Eletrônica: Alysson Messias da Silva

Foto capa: Fábio de Oliveira Freitas

Capa: Alysson Messias da Silva

**1ª edição**

1ª impressão (2002): tiragem 150

**Todos os direitos reservados.**

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

---

Freitas, Fábio de Oliveira

Uso de Grãos de Amido na Identificação e Análise de  
Materiais Arqueológicos Vegetais / Fábio de Oliveira Freitas. -  
Brasília: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 2002.

26 p. - (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, Embrapa  
Recursos Genéticos e Biotecnologia, ISSN 1676-1340; n. 23)

1. Material arqueológico vegetal - Amido. I. Título. II. Série.

572.566 CDD 21

---

© Embrapa 2002

## Sumário

<b>Introdução</b> .....	5
<b>Metodologias de Análises</b> .....	6
<b>Análise do Material</b> .....	14
<b>Metodologia Utilizada</b> .....	15
<b>Resultados e Discussão</b> .....	16
Mandioca .....	16
Milho .....	17
<b>Referências Bibliográficas</b> .....	21

# Uso de Grãos de Amido na Identificação e Análise de Materiais Arqueológicos Vegetais

---

*Fábio de Oliveira Freitas<sup>1</sup>*

## Introdução

Os estudos sobre a origem da agricultura e, conseqüentemente, domesticação de plantas e animais, englobam diferentes aspectos. Quatro questões fundamentais vêm sendo formuladas há décadas: onde se iniciou a agricultura?, quando isto ocorreu?, como, isto é, quais os processos utilizados? e porque o homem deixou de ser coletor e caçador e passou a produzir seu alimento de forma sistemática?

É necessário observar que, durante a longa história evolutiva da espécie humana, esta sobreviveu à custa da coleta de plantas e da caça e pesca e, somente há cerca de 10 a 15 mil anos, passou a desenvolver a agricultura e também a criação de animais.

O estudo da origem da agricultura envolve uma abordagem multidisciplinar, com contribuições de diferentes áreas, como Geografia, História, Ecologia, Evolução, Genética, Arqueologia, e outras (Harlan e de Wett, 1973).

O acúmulo de informações dessas diferentes áreas tem permitido estabelecer com relativa precisão os locais onde se iniciou a agricultura, a época, as espécies tanto de plantas como de animais que foram domesticados e, inclusive, acompanhar, cronologicamente, as modificações morfológicas e genéticas que essas espécies sofreram durante o processo de domesticação.

---

<sup>1</sup> Eng. Agr., PhD, Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia. E-mail: fabiof@cenargen.embrapa.br

Estes estudos têm grande interesse do ponto de vista da história do homem e de seu processo evolutivo, como também do ponto de vista biológico, principalmente relacionado à dinâmica evolutiva do processo de domesticação, o qual indica as transformações pela qual passaram as diferentes espécies durante sua história de co-evolução, ou evolução paralela, junto ao homem.

Em ambientes tropicais, devido às condições climáticas, a conservação de restos vegetais é um fenômeno raro. Deste modo, poucos são os materiais arqueológicos de origem vegetal disponíveis para estudo e, de modo geral, quando existem, são encontrados normalmente sob a forma de pequenos fragmentos, o que faz com que fique limitada a obtenção de dados a partir destes.

Para contornar esta limitação, uma série de técnicas vem sendo desenvolvidas ao longo da história de pesquisa arqueológica, para que possamos obter respostas a partir de pequenas "pistas" arqueológicas, muitas vezes microscópicas.

Neste trabalho apresentaremos um breve resumo de algumas das técnicas possíveis de se utilizar neste tipo de estudo, sendo que devotaremos uma maior atenção à técnica que utiliza grãos de amido para a análise, material este presente nos tecidos de reservas das plantas, como sementes e tubérculos.

## Metodologias de Análises

Para o estudo do material arqueológico vegetal diversas técnicas estão sendo aplicadas para a obtenção do maior número possível de dados. Estas técnicas variam com o tipo do material, quantidade, qualidade de conservação, disponibilidade de recursos e principalmente conforme com os dados e respostas que se espera obter a partir deles.

### • Pólen

A obtenção de pólen como fonte de estudo, por exemplo, é assunto de diversos trabalhos (Kurtz, 1958; Mangelsdorf, 1958; Erdtman, 1960; Clark, 1964; Mangelsdorf et al, 1964; Cowgill et al, 1966; Bartlett, 1969; Salgado, 1973; Randolph, 1976; Turner & Miksicek, 1984).

Alguns destes trabalhos tentam reconstituir a evolução da flora de uma região ao longo de um certo período de tempo, tentando mostrar quais plantas ocorriam na

área em um dado momento, quais vieram depois, quais foram extintas, a densidade das espécies, etc.(Absy et al, 1993).

O pólen é também utilizado para reconstituir o clima da área na época, se era mais seco ou úmido, mais quente ou frio, saber qual era o nível oceânico na região em um dado momento, etc. (Bartlett et al, 1969; Turcq et al, 1993). Serve ainda para mostrar quando uma planta foi introduzida numa região, permitindo assim traçar as possíveis rotas de avanço destas plantas e, muitas vezes a do próprio homem, como agente dispersor, o qual carregava consigo, conscientemente ou não, plantas por ele utilizadas ou de seu habitat original.

O estudo de pólen é ainda assunto de trabalhos que tentam revelar quando uma planta foi domesticada, onde, e quais os ancestrais que deram origem a esta planta, como é o caso do milho, onde estudos comparando o pólen de diversos parentes próximos do mesmo, como é o caso do teosinte e tripsacum tentam, através da forma, tamanho e padrão dos poros existentes na superfície do pólen, exina, esclarecer a evolução deste gênero de planta (Kurtz & Liverman, 1958; Kurtz et al, 1960; Whitehead & Langham, 1965; Whitehead & Sheehan, 1971; Grant, 1972).

#### • Composição Óssea

Outra fonte de estudos sobre o uso de plantas cultivadas pelo homem na antigüidade é a análise dos próprios ossos humanos (Vogel, 1977; Roosevelt, 1980). Nestes trabalhos é analisada a relação da frequência dos isótopos de carbono C13 / C12, a qual é maior quando a dieta é rica em plantas do tipo fotossintético C4, como as gramíneas e mais especificamente o milho e, menor quando é baseada em plantas tipo C3, como a mandioca. Estes autores sugerem que o aumento da população de Parmana, na região amazônica da Venezuela, às margens do Rio Orinoco, se deu quando houve a introdução do milho nestas aldeias, pois este aumento coincide com o aparecimento de restos de milho na área e do aumento da relação C13 / C12, momento em que começa a haver uma substituição da dieta baseada em mandioca para o milho.

#### • Fitólitos

Em ambientes onde os vestígios arqueológicos são escassos devido à dificuldade de conservação de material orgânico devido, por exemplo, ao clima, como em ambientes tropicais, alguns pesquisadores tentam suplantar esta dificuldade usando fitólitos no estudo de plantas (Pearsall et al, 1995).

Fitólitos são minerais de sílica presentes em diversas partes de uma planta como folhas, sementes, brácteas, caule, entre outras. A planta absorve a sílica do solo e esta é depositada e mineralizada em diferentes células da planta. Estes fitólitos possuem diferentes formas e tamanhos, que variam de acordo com o tecido em que se encontram na planta e, segundo o estudo dos autores acima, esta variação também ocorre entre espécies e, portanto, este material pode ser utilizado para identificar espécies que ocorriam em determinada área em determinado período.

No caso do trabalho destes autores, eles estudaram fitólitos de diferentes espécies e variedades de arroz (*Oryza*) a fim de poder esclarecer melhor o local onde o arroz começou a ser domesticado e por onde se espalhou, resultando nas diferentes variedades que foram surgindo no processo de domesticação desta planta, a partir da região central da China e atingindo todo o Sudeste Asiático. Por exemplo, eles procuraram saber em que locais coexistem fitólitos de arroz selvagem e de arroz cultivado, sugerindo serem estas as áreas de domesticação da planta, contrastando com áreas onde só estão presentes fitólitos da planta cultivada, indicando serem estas áreas os caminhos pelos quais o arroz foi disseminado.

#### • Teste Imunológico

Um trabalho curioso a respeito da origem do milho e o grau de parentesco com outras espécies dos gêneros *Tripsacum*, *Coix*, *Zea*, *Triticum*, entre outros, foi realizado por Smith e Lester (1980). Neste trabalho, os autores fizeram um preparado a partir das sementes destas diferentes espécies e cada preparado foi aplicado em coelhos para estudar a “imunização” destes, ou seja, caracterizar o anticorpo produzido pelo organismo destes coelhos em respostas aos diferentes antígenos, ou seja, ao macerado das sementes.

Diversos testes sorológicos e imunoeletroforéticos (o material resultante é colocado em um gel de amido e submetido a uma corrente elétrica, a qual faz com que eles fiquem espalhados pelo gel de acordo com seu peso, produzindo padrões entre materiais diferentes) foram realizados para classificar evolutivamente as diversas espécies e variedades por eles analisadas, aumentando um pouco mais o número de dados, principalmente na área de genética e botânica, existentes na literatura para que possamos entender um pouco mais sobre a história do milho.

- **Amido**

Outra fonte de estudos de materiais vegetais é o amido presente nos órgãos de reserva das plantas, como raízes, tubérculos, bulbos e grãos.

O amido, depois da celulose, é o componente mais abundante processado pela célula vegetal (Swinkels, 1985). O amido é um polissacarídeo de reserva, formado por dois tipos de polímeros de glicose: uma molécula essencialmente linear, que é chamada de amilose, e um polímero altamente ramificado, a amilopectina. (Rundle, 1943; Swinkels, 1985; Galliard, 1987).

A estrutura do amido varia muito entre as espécies (Galliard, 1987), fato este que é usado para identificar espécies, quando há dúvidas com relação à sua morfologia externa. É usado ainda para compararmos espécies atuais com materiais arqueológicos, para verificar se houve evolução da estrutura deste amido ao longo do tempo.

O amido é formado em organelas especiais, chamadas de leucoplastos, as quais, após a formação, precipitam o amido e o dispersam pelo citoplasma celular (Giacometto & Wosiacki, 1985).

Cada espécie possui um certo padrão morfológico de amido, o qual varia na forma e tamanho. Existem ainda espécies onde o amido pode ser formado por grãos simples ou compostos. Cada grão deste amido pode apresentar camadas bem distintas, como se fosse uma cebola, que é formado pela sobreposição de camadas, ou formado por camadas tênues, de difícil separação.

Os grãos de amido do milho são descritos na literatura como sendo simples e tendo suas camadas de deposição muito tênues, sendo de aproximadamente 0,5 micrômetro a espessura de cada camada, com algumas sendo de apenas 0,1 micrômetro, fazendo com que a distinção entre estas camadas através de microscópio ótico seja muito difícil, ao contrário do que ocorre com o amido de batata, cujas camadas possuem espessura em torno de 2 a até 7 micrômetros, tornando-as bem distintas entre si (Whistler & Turner, 1955).

O uso do microscópio eletrônico de varredura para análise de amido teve início na década de 1970 (Gallant e Bouchet, 1978), onde inúmeros trabalhos usavam esta técnica para observar grãos de amido de cereais (trigo, cevada, milho, sorgo e arroz), tubérculos e legumes; estudar a degradação dos grãos de amido por

enzimas, criando canais de corrosão, permitindo visualizar como o grão de amido é consumido, tanto por enzimas internas da semente, como por enzimas liberadas por microorganismos ou mesmo por enzimas do trato digestivo e estudar diferenças na estrutura de grãos de diferentes origens e correlacionar estudos de microscópio eletrônico de varredura - SEM com o de transmissão - TEM (Gallant et al, 1973).

Além disto, o amido pode ser tratado de diferentes maneiras, para que se possa analisar o efeito que isto causa em seus grãos, como por exemplo aquecê-los ou mesmo congelá-los e compará-los, através de microscopia ótica, caracterizando as mudanças que estes tratamentos causaram (Chabot et al 1976; Vose, 1977; White et al, 1990; Zhao & Whistler, 1994). Usando estas técnicas, Berke e Glover (1994) estudaram a variação de amido entre 35 populações de milho tropical e semitropical, desde populações da região do Caribe até o sul da América do Sul, passando por populações mexicanas e andinas, encontrando diferenças significativas entre os diversos germoplasmas, indicando que o amido pode ser usado para ajudar a separar variedades.

Um trabalho criativo no estudo do amido dos grãos de cereais foi realizado por Felker e Paulis (1993), no qual estes gravaram imagens de diversas sementes de diferentes espécies com uma câmera de vídeo, colocando uma fonte de luz por trás da semente e assim podendo estudar a "transparência" do amido presente nestas sementes, observando as diferenças em sua concentração e entre elas, pela diferença de luz transpassada. Esta técnica possui uma grande vantagem pois não destrói a semente, podendo-se analisá-la e depois utilizá-la normalmente.

O amido do milho tem sido amplamente estudado. Nas suas sementes são encontrados dois tipos de endosperma, o macio e o duro. Em cada um existe um padrão de grãos de amido, assim, enquanto no endosperma duro os grãos são mais poligonais e compactados entre si, no endosperma macio os grãos são mais arredondados e existe espaço entre os mesmos (Gallant & Bouchet, 1978).

Variação do teor de amilose e do aumento do tamanho do grão com o tempo ou grau de maturação da semente também é outra área de estudos ( Evans, 1941).

Estudos usando microscópio ótico sugerem que os grãos de amido começam a se formar de 10 a 15 dias após ter ocorrido a polinização

(Whistler & Thornburg, 1957). Entretanto, estes autores, usando um microscópio eletrônico, mostraram que estes grãos já estavam sendo formados no quarto dia após a polinização, com tamanhos que variavam de 1 a 3 micrômetros.

Outro linha de estudo envolvendo grãos de amido é refletida nos trabalhos que comparam amidos de espécies próximas, procurando, através de sua forma e tamanho, além de outras características como sua viscosidade e temperatura de gelatinização, inferir quais são as espécies mais próximas e quais as mais distantes, ou seja, tenta-se traçar a história evolutiva destas espécies (Klassen & Hill, 1971). Um exemplo disto é o trabalho de Ugent e Verdun (1983), no qual analisam o amido para separar diversas espécies do gênero *Solanum* (a batata é uma das espécies pertencentes a ele), que ocorrem no México, usando 19 acessos de um banco de germoplasma. Neste trabalho, os autores apresentam uma chave dicotômica, baseada no tamanho do amido, para separar estas espécies de *Solanum* mexicanos e facilitar o reconhecimento a que espécie pertence as amostras de *Solanum* encontradas em sítios arqueológicos e em herbários.

Pode-se tentar traçar a história evolutiva de uma única espécie também, como no caso de termos materiais recente e antigo para comparação, como amostras arqueológicas. O uso de material arqueológico é muito interessante, principalmente em se tratando de plantas cultivadas, pois, dependendo da abundância de vestígios e do local, nós podemos comparar desde o material primitivo, ou seja o material selvagem, passando pelo material em início de domesticação até chegar ao material mais recente e, em alguns casos, tendo neste caminho a formação de diversas raças deste material.

Portanto, com um pouco de sorte e com uma boa amostra da espécie, pode-se identificar o ancestral que originou a espécie, quando ela foi domesticada, por onde se espalhou e que mudanças sofreu.

O uso do amido para esta função é muito interessante porque ele é o principal constituinte do tecido de reserva de que os homens se alimentavam e se alimentam, seja na forma de grãos ou tubérculos. Isto faz com que a pressão de seleção artificial sobre este órgão de reserva seja muito grande e, portanto, uma caracterização deste amido ao longo de todo o processo de domesticação é muito importante para informar até que ponto esta pressão o modifica.

A análise de material arqueológico através do amido tem sido usado em amostras encontradas em ambientes não tropicais, como por exemplo em amostras de batata encontradas no Chile (Ugent et al, 1987) e Peru (Ugent et al, 1982). Estes autores estudaram diversas amostras arqueológicas para identificar a que espécie pertenciam, além de compará-las com materiais atuais, para entender como se deu a passagem do material selvagem para o domesticado e onde isto ocorreu e, especificamente, neste caso saber que cultivares deram origem às espécies poliplóides deste grupo.

Seguindo a mesma linha de pesquisa, podem ser citados casos como de amostras de mandioca encontradas na região costeira do Peru, com idade estimada entre 1800 A.C. e 1532 D.C., dependendo da amostra (Ugent et al, 1986). Neste trabalho, os autores descrevem grãos de mandioca compostos, contendo de 2 a 8 grânulos cada um. Esta observação difere daquela normalmente descrita na literatura, a qual classifica os grãos de amido de mandioca como sendo simples. Eles afirmam ainda que a presença de mandioca nesta área só foi possível com o início do uso de irrigação pelas populações, por se tratar de uma região muito árida, fato este baseado em vestígios de tais canais.

Temos ainda o trabalho de Cortella e Pochettino (1995), onde as autoras trabalharam com três espécies de tubérculos utilizados pelos habitantes dos Andes. Estes tubérculos (*Oxalis tuberosus*, *Ulucus tuberosus* e *Tropaeolum tuberosum*) são plantados em altitudes que variam entre 2500 e 4250 metros e são muito importantes na alimentação dos habitantes destas regiões. Estas autoras caracterizaram os grãos de amido destas espécies para uma melhor identificação dos materiais arqueológicos encontrados em diversos sítios arqueológicos nos Andes, alguns com idade de 10.500 anos.

Já em ambientes tropicais da América do Sul não foi encontrada nenhuma referência a esta técnica, aplicada a material arqueológico. Este fato talvez possa ser explicado porque até há pouco tempo se acreditava não ser possível a conservação de material arqueológico de origem orgânica em ambientes tropicais (DeBoer, 1975). Além disto, como nas áreas tropicais sul-americanas não se tem vestígios da existência de grandes civilizações no passado, que tivessem deixado grandes construções, como ocorre na região andina, pouca ênfase foi dispensada ao estudo da arqueologia nas terras baixas tropicais (Prous, 1992).

Entretanto, trabalhos recentes demonstram que a conservação de restos orgânicos em ambientes tropicais não só é possível como é um fato (Prous et al, 1984; Prous, 1986, Prous, 1991; Rancy, 1993; Roosevelt, 1996). Em ambientes tropicais os solos são normalmente ácidos, o que faz com que os materiais normalmente não se conservem. Entretanto, em ambiente básico, esta conservação é facilitada, como no caso de abrigos e cavernas calcáreas, ou ao longo do litoral, nos diversos montes de conchas feitos pelo homem e que recebem o nome de sambaquís (Prous, 1992). Nestas situações, a chance de conservação de material é facilitada e, se as condições climáticas colaborarem, esta preservação é ainda melhor.

Roosevelt (1996), por exemplo, descreve uma série de materiais orgânicos escavados em Monte Alegre, em plena floresta Amazônica. Nesta caverna foram desenterrados inúmeros instrumentos de pedra, ossos de fauna e diversas sementes de frutos, como jutaí, achuá e pitomba, além de castanha do Pará, tarumã e murici, nitidamente usados como alimento pelas populações locais, como é evidenciado visualmente pelas marcas de instrumentos deixadas nestes frutos ao serem utilizados.

Em termos de material cultivado, a mesma pesquisadora relata a presença de espigas de milho desidratadas e fragmentos de cabaça, indicando a existência de agricultura nesta região.

Outros exemplos são os trabalhos realizados sob a coordenação de André Prous, do Setor de Arqueologia do Museu de História Natural da UFMG, na região do Alto Médio São Francisco, onde, através da análise de pinturas rupestres e de análise de material vegetal tanto selvagem como cultivado, obtiveram-se informações sobre as populações humanas pré-históricas dessa região.

Diversas amostras de vegetais coletados ou cultivados pelos homens pré-históricos que lá habitavam foram desenterrados de abrigos calcáreos usados pelos mesmos na região do Vale do Peruaçu, entre as cidades de Januária e Itacarambi e na região de Montalvânia, ambos no noroeste do Estado de Minas Gerais, na margem esquerda do rio São Francisco. Estas grutas e abrigos calcáreos em uma região de clima semi-árido propiciaram a excelente conservação de restos vegetais. Junqueira e Malta (1981 / 1982) e Veloso e Resende (1992) relatam o encontro de silos contendo restos alimentares, colocados dentro de depósitos vegetais compactados.

No presente trabalho descreveremos parte das análises feitas com as amostras de milho e mandioca encontradas nestes sítios arqueológicos da região de Januária, acima mencionada.

## Análise do Material

**Mandioca** – No caso da amostra de mandioca, dispúnhamos apenas de um pequeno fragmento de parte final de uma raiz tuberosa (Fig. 1). Através apenas da análise da morfologia externa desta amostra era imprecisa a identificação da espécie vegetal, restando dúvidas se a amostra se tratava realmente do resto de parte de uma raiz de mandioca ou se era de uma outra espécie. Deste modo, o objetivo era tentar identificar a correta espécie à qual pertencia o material, que possui uma idade estimada por  $C_{14}$  de 860 anos.



**Fig. 1.** Amostra de fragmento de raiz tuberosa de  $860 \pm 60$  anos, a qual, após análise do tipo de seus grãos de amido, confirmou-se ser de mandioca / 1 cm.

**Milho** – Já no caso do milho, não havia dúvida sobre a espécie, pois as amostras eram mais abundantes e estavam muito bem conservadas (Fig. 2). Neste caso, o trabalho tinha como objetivo a análise de diferentes amostras de milho, para se tentar identificar se estas pertenciam a uma mesma variedade ou

se existia mais de um tipo de variedade, tentando inclusive relacionar com variedades atuais de milho, a fim de conhecermos qual a diversidade de tipos diferentes desta espécie que o homem pré-histórico manejava naquela região, ao longo dos últimos 1500 anos, já que as diferentes amostras tinham idade distintas, que variavam entre 1500 e 560 anos antes do presente, também estimadas por  $C_{14}$ .



Fig. 2. Parte das amostras de grãos de milho arqueológico analisado / 1 cm.

## Metodologia Utilizada

Para o estudo, escolhemos a análise das amostras a partir da comparação de grãos de amido destas, já que além destes serem específicos para cada espécie e, em alguns casos, também entre variedades, a quantidade necessária para análise é muito pequena (uma pequena “poeirinha”), o que viabiliza a análise em amostras arqueológicas.

Utilizamos uma pequena quantidade de amido do tecido de reserva da semente de milho e do tubérculo de mandioca, sendo que do milho o amido foi coletado

da parte lateral superior do grão. Isto foi feito tanto para o material arqueológico como para amostras modernas, a fim de estabelecer-se a comparação.

O trabalho principal foi realizado em um microscópio eletrônico de varredura - SEM, modelo Zeiss DSM 940A, usando 5Kv de energia. Uma pequena amostra de amido foi coletada e espalhada sobre uma fita de carbono adesiva dupla face, montada diretamente sobre a "lâmina" do microscópio (stub), recebendo depois uma cobertura com ouro.

No caso do milho, de cada amostra do material foram medidos 300 grãos de amido, dando um total de 6300 grãos de amido medidos dos acessos modernos (21 amostras), obtidos do banco de germoplasma, e 4800 grãos do material arqueológico (15 amostras). Estes dados foram então submetidos a uma análise estatística para verificar a variação e correlação entre as diferentes amostras.

## Resultados e Discussão

### Mandioca

Quando analisamos este amido com o microscópio eletrônico de varredura, constatamos que a superfície dos grãos de amido de algumas amostras estavam levemente trincadas, principalmente do fragmento de mandioca que tinha uma de suas extremidades completamente exposta ao meio ambiente (Fig. 1).

As amostras de amido deste fragmento coletadas mais da superfície continham mais trincas do que outra amostra coletada mais profundamente no mesmo fragmento, indicando que a exposição ao meio ambiente influenciou na conservação do material.

Através da comparação do padrão morfológico dos grãos de amido encontrado na amostra do tubérculo arqueológico com os padrões descritos na literatura (Rosenthal et al, 1972), confirmou-se que a amostra se tratava realmente de mandioca e sua idade foi datada por  $C_{14}$  em  $860 \pm 60$  anos.

Este padrão se refere ao tamanho e forma dos grãos de amido. Em termos de tamanho, a amostra possui grãos que variam desde 1,9 até 18,0 micrômetros, dentro da faixa normalmente encontrada na literatura. Este fato é ainda confirmado pela forma dos grãos encontrados na amostra, os quais variam entre arredondados, cupuliformes, mitriformes, sacciformes e convexo biconcavos, característicos de grãos de amido de mandioca.

## Milho

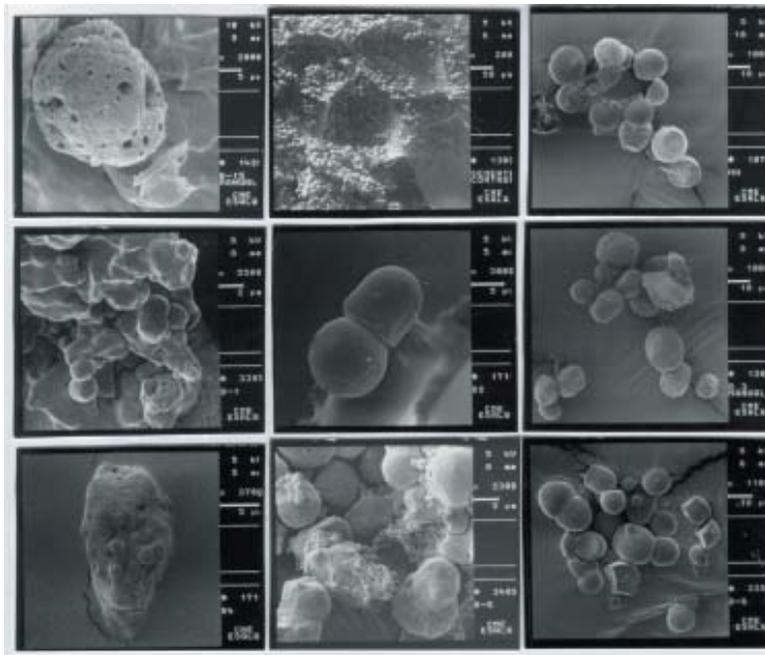
No caso dos grãos de amido de milho, como possuíamos uma amostra muito maior de material, pôde-se fazer um estudo mais abrangente, caracterizando-o morfológicamente e podendo compará-lo estatisticamente, tanto entre as diferentes raças analisadas, como por exemplo as raças Cateto, Cristal, Caingang, Moroti e Entrelaçado, como com as amostras arqueológicas.

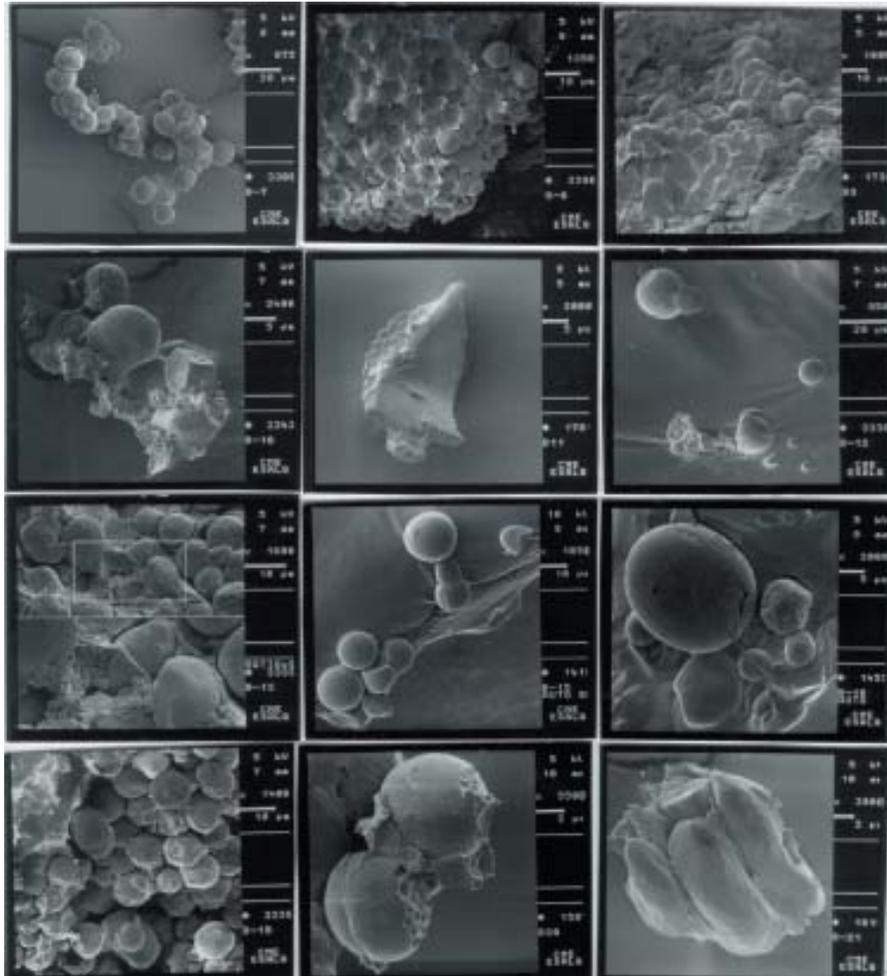
Em relação à forma dos grãos de amido de milho, tanto arqueológico como dos acessos do banco de germoplasma, apareceram nas amostras grãos arredondados e ovais em sua maioria, aparecendo ainda grãos cupuliformes, mitriformes, sacciformes, convexo biconcavos e poligonais (Fig. 3).

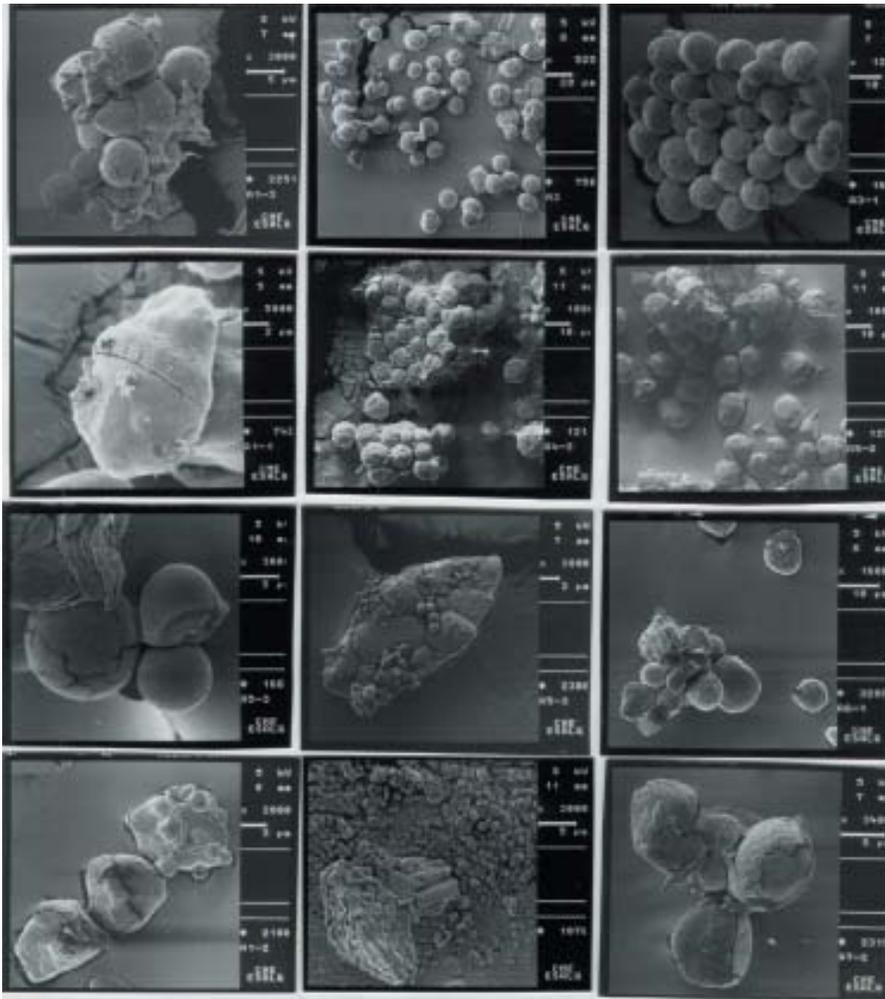


- Voltagem utilizada no microscópio  
- Distância da amostra com receptor e  
- Aumento  
- Barra de tamanho

- Nº da foto  
- Amostra - A... - Material Arqueológico  
                  B... - Banco de Germoplasma  
                  MM - Mandioca







**Fig. 3a, 3b e 3c.** Imagens de grãos de amido de diversas amostras incluídas na pesquisa, observados em microscópio eletrônico de varredura. Para maiores detalhes observar legenda na figura 3a.

Através da análise mostrou-se que é possível separar as raças através da morfologia dos grãos de amido. Pode-se dizer que, aparentemente, cada raça possui um padrão de distribuição de tamanho de grãos de amido, com algumas raças bem características, com pouca variação, como é o caso das raças Cateto e Cristal, e outras também possuindo um padrão predominante, mas ocorrendo variações deste padrão em diferentes acessos, indicando uma variabilidade maior, como ocorre com as raças Caigang e Moroti.

Fazendo-se uma comparação entre os padrões de distribuição de tamanho e forma dos grãos de amido do material arqueológico e dos acessos do Banco de Germoplasma, algumas correlações puderam ser feitas.

Três das amostras arqueológicas estudadas possuem um padrão de tipo de amido muito similar ao apresentado pela raça Entrelaçado, do Banco de Germoplasma.

Outras três amostras arqueológicas assemelham-se à raça Caigang, mas com certo grau de similaridade com a raça Entrelaçado também, pois, dependendo da amostra, o padrão é semelhante nestas duas raças.

Já outras três amostras seguem mais o padrão apresentado pelas raças Cateto e Cristal, onde a maior quantidade dos valores se concentra nos grãos menores, ocorrendo aí grandes picos de frequência, os quais caem rapidamente com o aumento do tamanho dos grãos.

Outra amostra possui um padrão intermediário entre a raça Caigang e Moroti, as quais possuem uma maior concentração de grãos pequenos, seguida de uma concentração de grãos médios, mas com frequência menor do que a primeira.

Para a raça Pontinha São Simão, duas foram as amostras arqueológicas que se aproximaram de seu padrão, a qual possui uma grande amplitude de tamanho dos grãos.

Em duas das amostras arqueológicas estudadas, o padrão não apresentou muita correlação com nenhuma das amostras analisadas do Banco de Germoplasma, sugerindo que devam ser raças com padrões diferentes das examinadas, retratando a variabilidade existente neste material.

Com estas comparações, podemos sugerir possíveis raças que estariam presentes nas roças destas antigas populações indígenas, em monocultivo ou misturadas, ou ainda, sendo raças puras ou com diferentes níveis de introgressão. Entretanto, com um trabalho maior, abrangendo mais raças de milho, é muito provável que outras raças possam ser adicionadas como possíveis descendentes das raças indígenas do passado.

Todavia, como estamos comparando dois grupos de materiais genéticos (arqueológico e do Banco de Germoplasma), que possuem pelo menos 500 anos de diferença, chegando alguns a apresentarem mais de 1000 anos, é compreensível que haja diferenças nestes materiais, tanto devido à seleção natural como àquela (artificial) praticada pelo homem. Pode ainda ter ocorrido recombinação entre diferentes materiais, misturando-se características entre diferentes raças.

As informações diretas que a análise destes padrões podem nos trazer é o quão distante ou próxima estão estas raças, como acontece com a raça Cristal e Cateto que se assemelham muito, sugerindo que sua relação é estreita, ou seja, evolutivamente, sua divergência é pequena, se comparada a outras raças de milho.

Portanto, estes padrões de variação de tamanho de grãos de amido sugerem que parte do conjunto genético das raças hoje conhecidas como Cateto, Caigang, Complexo Guarani, Cristal, Entrelaçado, Moroti e Pontinha São Simão, estavam presentes, em maior ou menor proporção, no material cultivado pelas populações humanas pré-históricas que habitavam a região Norte de Minas Gerais há pelo menos um milênio.

## Referências Bibliográficas

ABSY, M. L.; SERVANT, M.; ABSY, M. L. A história do clima e da vegetação pelo estudo do pólen. **Ciência Hoje**, São Paulo, v. 16, p. 26-30, 1993.

BARTLETT, A. S.; BARGHOORN, E. S.; BERGER, R. Fossil maize from Panama. **Science**, Washington, DC, v. 165, p.389-370, 1969.

BERKE, T. G; GLOVER, D. V. Variation for thermal properties of starch in tropical maize germ plasm. **Cereal Chemistry**, v. 71, p. 87-90, 1994.

CHABOT, J. F.; HOOD, L. F.; ALLEN, J. E. Effect of chemical modifications on the ultrastructure of corn, waxy maize, and tapioca starches. **Cereal Chemistry**, St. Paul, MN, v. 53, p. 85-91, 1976.

CLARK, J. D. Prehistoric culture and pleistocene vegetation of the Kalambo Falls, northern Rhodesia. **Nature**, London, v. 201, p. 971-975, 1964.

CORTELLA, R. A.; POCHETTINO, M. L. Comparative morphology of starch of three Andean tubers. **Starch**, Weinheim, v. 45, p. 455-461, 1995.

COWGILL, U. M.; GOULDEN, C. E.; HUTCHINSON, G. E.; RACEK, A. A.; PATRICK, R.; TSUKADA, M. The history of Laguna de Petenxil. **Memoirs of the Connecticut Academy of Arts and Sciences**, New Haven, Conn., v. 17, p. 66, 1966.

DEBOER, W. R. The archeological evidence for manioc cultivation: a cautionary note. **American Antiquity**, Washington, DC, v. 40, p. 419-433, 1975.

ERDTMAN, G. The Acetolysis method: a revised description. **Sv. Bot. Tidskr Lund**, v. 54, p. 561-564, 1960.

EVANS, J. W. **Microscopic examination of developing corn starch**. [St. Paul]: University of Minnesota, Agricultural Experiment Station, 1941. p. 462-464. (Scientific Journal Series).

FELKER, F. C.; PAULIS, J. W. Quantitative estimation of corn endosperm vitreosity by video image analysis. **Cereal Chemistry**, St. Paul, MN, v. 70, p. 685-689, 1993.

GALLIARD, T. **Starch: properties and potential**. [S. L.]: Society of Chemical Industry, 1987.

GALLANT, D. J.; DERRIEN, A.; AUMAITRE, A.; GUILBOT, A. TEM and SEM study of *in vitro* degradation of the starch granule by hog pancreatic juice. **Die Stärke**, v. 25, p. 56-64, 1973.

GALLANT, D. J., BOUCHET, B. Ultrastructure of maize granules: a review. **Food Microstructure**, Chicago, IL, v. 5, p. 141-155, 1978.

GIACOMETTO, A. P.; WOSIACKI, G. Grânulos e pastas de amido: o estado da arte. **Semina**, Londrina, v. 6, n. 3, p. 155-159, 1985.

GRANT, C. A. A scanning electron microscopy survey of some maydeae pollen. **Grana**, Oslo, v. 12, p. 177-184, 1972.

HARLAN, J. R.; DE WET, J. M. J. On the quality of evidence for origin and dispersal of cultivated plants. **Current Anthropology**, Chicago, IL, v. 14, p. 51-55, 1973.

JUNQUEIRA, P. A.; MALTA, I. M. Horticultores e ceramistas pré-históricos do nordeste de Minas Gerais. **Arquivos do Museu de História Natural - UFMG**, v. 6/7, p. 275-289, 1981/82.

KLASSEN, A. J.; HILL, R. D. Comparasion of starch from triticale and parental species. **Cereal Chemistry**, St. Paul, v. 48, p. 647-654, 1971.

KURTZ, E. B.; LIVERMAN, J. L. Some effects of temperature on pollen characters. **Bulletin of the Torrey Botanical Club**, Lancaster, v. 85, p. 136-138, 1958.

KURTZ, E. B.; LIVERMAN, J. L.; TUCKER, H. Some problems concerning fossil and modern corn pollen. **Bulletin of the Torrey Botanical Club**, Lancaster, v. 87, p. 85-94, 1960.

MANGELSDORF, P. C. Ancestor of corn. **Science**, Washington, DC, v. 128, p. 1313-1320, 1958.

MANGELSDORF, P. C.; MACNEISH, R. S.; GALLINAT, W. Domestication of corn. **Science**, Washington, DC, v. 143, p.538-545, 1964.

PEARSALL, D. M.; PIPERNO, D. R.; DINAN, E. D.; UMLAUF, M.; ZHAO, Z.; BENFER, R. A. JR. Distinguishing rice (*Oryza sativa* Poaceae) from wild *Oryza* species through phytolith analysis: Results of preliminary research. **Economic Botany**, Bronx, NY, v. 49, p.183-196, 1995.

PROUS, A. L'archéologie au Brésil: 300 siècles d'occupation humaine. **L'Anthropologie**, Paris, v. 90, p. 257-306, 1986.

- PROUS, A. Alimentação e "arte" rupestre: nota sobre alguns grafismos pré-históricos brasileiros. **Revista de Arqueologia**, São Paulo, v. 6, p. 1-15, 1991.
- PROUS, A. **Arqueologia brasileira**. Brasília: Ed. Universidade de Brasília, 1992. 605 p.
- PROUS, A.; JUNQUEIRA, P. A.; MALTA, I. M. Arqueologia do alto médio São Francisco. Região de Januária e Montalvânia. **Revista de Arqueologia**, Belém, v. 2, p. 59-72, 1984.
- RANCY, A. A paleofauna da Amazônia indica áreas de pastagem com pouca cobertura vegetal. **Ciência Hoje**, São Paulo, v. 16, p. 48-51, 1993.
- RANDOLPH, L. E. Contributions of wild relatives of maize to the evolutionary history of domesticated maize: A synthesis of divergent hypotheses I. **Economic Botany**, Bronx, NY, v. 30, p. 321-345, 1976.
- ROOSEVELT, A. C. **Parmana**: prehistoric maize and manioc subsistence along the Amazon and Orinoco. London: Academic Press, 1980.
- ROOSEVELT, A. C. Paleoindian cave dwellers in the Amazon: The peopling of the Americas. **Nature**, London, v. 272, p. 373-383, 1996.
- ROSENTHAL, F. R. T.; BARBOSA, C. M.; MELLO, A. P.; SILVA, M. O. Amidos de mandioca. 1. Características dos grânulos de 11 variedades procedentes do Estado de Minas Gerais. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, Rio de Janeiro, v. 44, n. 1, p. 55-60, 1972.
- RUNDLE, R. E.; BALDWIN, R. R. The configuration of starch and starch-iodine complex. **Journal of American Chemical Society**, Washington, DC, v. 65, p. 554-561, 1943.
- SALGADO-LABOURIAU, M. L. **Contribuição à palinologia dos cerrados**: Rio de Janeiro: Academia Brasileira de Ciências. 1973.
- SWINKELS, J. J. M. Composition and properties of commercial native starches. **Starke**, v. 37, p. 1-5, 1985.

TURCO, B.; SUGUIO, K.; MARTIN, L.; FLEXOR, J. M. Registros milenares nos sedimentos dos lagos da serra de Carajás. **Ciência Hoje**, São Paulo, v. 16, p. 31-35, 1993.

TURNER II, B. L.; MIKSICEK, C. H. Economic plant species associated with prehistoric agriculture in Maya lowlands. **Economic Botany**, Bronx, NY, v. 38, p. 179-193, 1984.

UGENT, D.; VERDUN, M. Starch grains of the wild and cultivated Mexican species of *Solanum*, subsection *Potatoe*. **Phytologia**, Huntsville, TX, v. 53, p. 351-361, 1983.

UGENT, D.; POZORSKI, S.; POZORSKI, T. Archaeological potato tuber remains from the Casma Valley of Peru. **Economic Botany**, Bronx, NY, v. 36, p. 182-192, 1982.

UGENT, D.; POZORSKI, S.; POZORSKI, T. Archaeological manioc (*Manihot*) from Coastal Peru. **Economic Botany**, Bronx, NY, v. 40, p. 78-102, 1986.

UGENT, D.; DILLEHAY, T.; RAMIREZ, C. Potato remains from a late Pleistocene settlement in southcentral Chile. **Economic Botany**, Bronx, NY, v. 41, f. 1, p. 17-27, 1987.

VELOSO, T. P.G.; RESENDE, E. M. T. P. Vestígios alimentares nos sítios arqueológicos sob abrigos de Minas Gerais. In: Congresso ABEGUA, 3., Belo Horizonte. **Anais**. [S. l.: s.n.], 1992. p. 389-414,

VOGEL, J. C.; NIKOLAUS, J, VAN DER MERWE. Isotopic evidence for early maize cultivation in New York State. **American Antiquity**, Washington, DC, v. 42, p. 238-242, 1977.

VOSE, J. R. Functional characteristics of an intermediate amylose starch from smooth-seeded field peas compared with corn and wheat starches. **Cereal Chemistry**, St. Paul, MN, v. 54, p. 1141-1151, 1977.

WHISTLER, R. L., TURNER, E. S. Fine structure of starch granule sections. **Journal Polymer Science**, New York, v. 18, p. 153-156, 1955.

WHISTLER, R. L., THORNBURG, W. L. Development of starch granules in corn endosperm. **Journal Agricultural and Food Chemistry**, Washington, DC, v. 5, p. 203-207, 1957.

WHITE, P.; ABBAS, I.; POLLAK, L.; JOHNSON, L. Intra- and interpopulation variability of thermal properties of maize starch. **Cereal Chemistry**, St. Paul, v. 67, p. 70-73, 1990.

WHITEHEAD, D. R.; LANGHAM, E. J. Measurement as a means of identifying fossil maize pollen. **Bulletin of the Torrey Botanical Club**, Lancaster, v. 92, p. 7-20, 1965.

WHITEHEAD, D. R.; SHEEHAN, M. C. Measurement as a means of identifying fossil maize pollen, II. The effect of slide thickness. **Bulletin of the Torrey Botanical Club**, Lancaster, v. 98, p. 268-271, 1971.

ZHAO, J., WHISTLER, R. L. Isolation and characterization of starch from Amaranth flour. **Cereal Chemistry**, St. Paul, v. 71, p. 392-393, 1994.