

DESCRIÇÃO E ANÁLISE DE MATERIAL VEGETAL DE SÍTIOS
ARQUEOLÓGICOS DA REGIÃO DE JANUÁRIA, MINAS GERAIS

FÁBIO DE OLIVEIRA FREITAS
Engenheiro Agrônomo

Orientador: Prof. Dr. Paulo Sodero Martins

Dissertação apresentada à Escola Superior de
Agricultura “Luiz de Queiroz”, da Universidade
de São Paulo, para obtenção do título de Mestre
em Agronomia. Área de concentração: Genética
e Melhoramento de Plantas.

PIRACICABA
Estado de São Paulo - Brasil
Novembro, 1996

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
DIVISÃO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - Campus "Luiz de Queiroz"/USP

Freitas, Fábio de Oliveira

Descrição e análise de material vegetal de sítios arqueológicos da região de Januária, Minas Gerais / Fábio de Oliveira Freitas. - - Piracicaba, 1996.

83 p. : il.

Dissertação (mestrado) - - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 1997.

Bibliografia.

1. Amido (material arqueológico) 2. Arqueologia - Januária, MG 3. Mandioca (material arqueológico) 4. Microscopia eletrônica 5. Milho (material arqueológico) 6. Paleobotânica 7. Planta - Morfologia I. Título

CDD 561.49

581.4

**DESCRIÇÃO E ANÁLISE DE MATERIAL VEGETAL DE SÍTIOS
ARQUEOLÓGICOS DA REGIÃO DE JANUÁRIA, MINAS GERAIS**

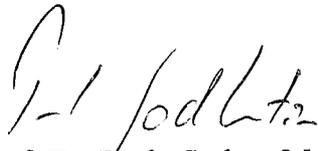
FÁBIO DE OLIVEIRA FREITAS

Aprovada em: 29.01.1997

Comissão julgadora:

Prof. Dr. Paulo Soderro Martins
Prof. Dr. Elliot Watanabe Kitajima
Profa. Dra. Nobue Miyasaki

ESALQ/USP
ESALQ/USP
MAE/USP


Prof. Dr. Paulo Soderro Martins
Orientador

Este trabalho é **oferecido** àqueles povos que aqui habitavam os quais plantaram, colheram e guardaram, através do tempo e arte, os alimentos que hoje estudamos.

Dedico este trabalho à minha família e orientador, cuja vasta dedicação e esperança me permitem estar escrevendo estas palavras

“Hipóteses são as pêtas que os senhores nos pregam quando não sabem a verdadeira explicação duma coisa e querem esconder a ignorância...”

Emília (Monteiro Lobato)

AGRADECIMENTOS

Um pequeno capítulo deveria ser feito se relacionasse todos os nomes pertencentes as pessoas que me permitiram estar escrevendo esta dissertação, finalizando apenas mais uma etapa, da qual somente com esta ajuda eu pude cumprir.

São nomes que identificam pessoas que me orientaram culturalmente e emocionalmente, pessoas que tiveram paciência de me ensinar a andar, falar, amarrar meu sapato, escrever, ler e sonhar.

São pessoas cujos nomes já não me lembro, cujas imagens estão bem tênues e desfocadas pelo tempo em um lugarzinho agradável da memória.

Este agradecimento é para aquelas pessoas que me ensinaram coisas que hoje eu faço naturalmente, mas que precisou da dedicação de alguém para isto fluir, são aqueles milhares de tias e tios que tivemos, altos, magros, elétricos, calmos, nervosos, enérgicos, baixos, amigos. Cada um de um jeito diferente e, que exatamente por isso, permitiram que criássemos padrões de comparação, que ensinavam muitas vezes a mesma coisa, mas de maneira diferente, aumentando a chance para que a luzinha acendesse.

São amigos...., amigos que nos orientam e compartilham partes da tese que temos que defender quando a vida se completar.

Esta parte é também dedicada àquelas pessoas que não conheço, àquelas que plantaram os alimentos que gosto, construíram as casas e ruas por onde morei e passei, pessoas que pagaram as escolas que estudei, criaram os brinquedos e fantasias que me fazem acreditar, talvez de maneira ingênua, que sonhar é o aprendiz do realizar.

Portanto, um muito obrigado a todas estas pessoas, começando pelos meus pais e avós, que são nossos pais liberais e, sem um limite final, pois espero poder aprender muito ainda com muitas pessoas.

Algumas pessoas eu gostaria de agradecer mais especificamente, pois tiveram grande parte na realização deste trabalho. São pessoas como a prof.a. Margarida Aguiar Perecin, a qual me ajudou a optar pela carreira de agrônomo e depois, já como estudante de agronomia me orientou no meu primeiro estágio na escola no qual me foi apresentado o mundo microscópico. Ao prof. Elliot Kitajima e Sylvania Machado, que me permitiram mergulhar ainda mais fundo neste mundo. A Cássio Van den Berg e Prof. João Baptista pela grande ajuda na parte estatística da tese.

Um agradecimento muito especial ao prof. André Prous e a todos os meus amigos do Museu de Arqueologia da Universidade Federal de Minas Gerais e a ele ligado, aos quais trouxeram à superfície e nos emprestaram todo o material arqueológico que foi analisado nesta dissertação.

À Prof.a. Silene Sarmento que pacientemente dedicou boa parte de seu tempo me orientando na parte que se referia ao amido de todas as amostras, sugerindo soluções para as muitas dúvidas que surgiram pelo caminho.

Ao Prof. Celso Clemente, que me forneceu o método de análise para a solução de uma grande dúvida que existia e a Universidade Federal de São Carlos, a USP de São Carlos e ao Departamento de Geologia da USP - São Paulo, que fizeram tais análises.

Agradeço ao professor Pessenda e ao CENA pela grande ajuda na datação do material arqueológico.

A EMBRAPA, a qual nos forneceu alguns acessos de seu Banco de Germoplasma de Milho em Sete Lagoas, através do Dr. Manoel Xavier dos Santos, permitindo deste modo que tivéssemos todo um padrão de comparação para nosso trabalho.

Ao Departamento de Genética, cujas salas e corredores tanto passei e abriga dezenas de pessoas que direta ou indiretamente me ajudam em minha formação. São faxineiras, técnicos, professores, secretárias, bibliotecárias, motoristas, pessoal do campo e todos aqueles que mesmo sem citar nomes, pois seriam muitos, criaram o ambiente onde esta tese nasceu.

À esta escola fantástica, que abriga ainda mais pessoas que fizeram parte do meu convívio, como das bibliotecas, do refeitório, do centro médico e a todos funcionários, alunos e professores que eu sei o quanto que vocês contribuíram, muito obrigado.

Este parágrafo reservo a um grande professor, que consegue passar facilmente suas idéias para quem teve a oportunidade de lhe escutar. A meu professor e orientador Paulo Soderro Martins, que permitiu que o sonho de uma criança em se tornar arqueólogo fosse possível.

À duas pessoas que mais do que orientadores são meus pais.

SUMÁRIO

	Página
RESUMO.....	vii
SUMMARY.....	ix
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. OBJETIVO.....	3
3. REVISÃO DA LITERATURA.....	3
3.1· Geografia da domesticação.....	4
3.2· Domesticação do milho.....	6
3.3· Milho em sítios arqueológicos do Brasil.....	9
3.4· Mandioca em sítios arqueológicos do Brasil.....	12
3.5· Metodologias de análises.....	13
3.6· Amido.....	17
4. MATERIAL E MÉTODOS.....	25
4.1· Material.....	25
4.1.1· Material arqueológico.....	25
4.1.2· Acessos do banco de germoplasma.....	26
4.2· Método.....	33
4.2.1· Datação do material.....	33
4.2.2· Descrição e morfologia comparada.....	33
4.2.3· Análise dos grãos de amido.....	34
4.2.4· Análise estatística.....	36
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	40
5.1· Idade do material.....	40
5.2· Análise das espigas.....	42
5.3· Análise do amido.....	47
5.3.1- Padrões de variação dos grãos de amido das raças indígenas e etnovariedades....	49
5.3.2- Padrões de variação dos grãos de amido do material arqueológico.....	53
6. CONCLUSÕES.....	74
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	76

DESCRIÇÃO E ANÁLISE DE MATERIAL VEGETAL DE SÍTIOS ARQUEOLÓGICOS DA REGIÃO DE JANUÁRIA, MINAS GERAIS

Autor: Fábio de Oliveira Freitas

Orientador: Prof. Dr. Paulo Soderó Martins

RESUMO

Escavações arqueológicas realizadas desde o final da década de 70 no Vale do Peruaçu, região de Januária, Minas Gerais, Brasil, pelo Prof. Dr. André Prous e sua equipe, da Universidade Federal de Minas Gerais, vêm recuperando espécies vegetais utilizados pelas populações pré-históricas desta região.

Estes vestígios contêm materiais cultivados e coletados diretamente na natureza. Estes materiais estavam acondicionados em cestas de folhas de palmeira trançadas e depois enterradas, recebendo o nome de silo. O milho (*Zea mays mays*) é o material cultivado mais abundante nestes silos, enquanto fragmentos de coquinho Guariroba (*Syagrus oleracea*) é o material coletado mais abundante.

Parte deste material e mais dois fragmentos de mandioca (*Manihot esculenta*) foram analisados. A idade destes materiais foi estimada através de datação radiocarbônica por espectrometria de cintilação líquida com Benzeno, realizada no CENA-USP, utilizando coquinho Guariroba e duas amostras de carvão.

A idade determinada variou entre 1010 anos para a amostra mais antiga, até 570 anos na mais recente, com outras amostras de idades intermediárias. O fragmento de mandioca possui idade de 860 anos.

As espigas de milho foram estudadas morfológicamente, onde medidas como comprimento, diâmetro basal, diâmetro apical, diâmetro maior, número de fileiras, número de grãos por fileiras e número de grãos por fileiras por comprimento foram tomadas e analisadas estatisticamente.

Foi estudado morfológicamente também o amido presente nos órgãos de reserva do milho e da mandioca, caracterizando-o quanto à forma e tamanho, usando para isto uma amostra de 300 grãos de amido destas espécies, sendo analisados em um microscópio eletrônico de varredura.

A fim de comparação foram analisados 21 acessos de raças de milho indígenas e etnovariedades do Banco de Germoplasma do CNPMS,

EMBRAPA, de Sete Lagoas, MG, os quais também foram submetidos as mesmas análises de amido realizadas no material arqueológico. Estes dados foram depois submetidos a uma análise estatística.

Através destas análises pudemos chegar as seguintes conclusões:

- O amido dos órgãos de reserva do milho e mandioca encontravam-se em excelente estado de conservação.

- Através da morfologia dos grãos de amido podemos separar raças ou variedades de milho.

- Os habitantes destes abrigos plantavam mais de uma variedade de milho em um mesmo período.

- Ao longo do período de tempo datado (1010 à 570 anos atrás) observa-se uma diversidade nas variedades de milho cultivadas, sendo plantada mais que uma variedade ao mesmo tempo.

- A variabilidade dos grãos de amido das amostras arqueológicas de milho é maior do que a existente entre as raças utilizadas do Banco de Germoplasma.

- Ao longo do período estudado, o tamanho da espiga foi aumentando com o tempo, permitindo deste modo um aumento da quantidade de semente também, mas sem que esta semente sofresse uma variação muito grande em seu tamanho.

- Três padrões de distribuição de tamanho dos grãos de amido foram observados, um com um grande pico de grãos pequenos, outro que segue uma curva normal e outro com dois picos, sendo um de grãos pequenos e outro de médios, ocorrendo tanto no material arqueológico como nos acessos do Banco de Germoplasma.

- Estes padrões de distribuição podem ser utilizados para caracterizar algumas das raças estudadas.

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

- Espigas arqueológicas inteiras e as porções apical e medianos das mesmas são mais indicadas para comparações de natureza estatística.

- Através da morfologia do amido pode-se confirmar que o fragmento que se suspeitava ser de mandioca é realmente desta espécie cultivada.

DESCRIPTION AND ANALYSIS OF PLANT MATERIAL FROM ARCHEOLOGICAL SITES OF JANUÁRIA, MINAS GERAIS.

Author: Fábio de Oliveira Freitas

Adviser: Prof. Dr. Paulo Sodero Martins

SUMMARY

Archeological excavations performed since the late 70's in the Peruaçu Valley, Januária, State of Minas Gerais, Brazil, by Dr André Prous and his associates, from the Federal University of Minas Gerais, are recovering plant species that were used by prehistorical people from this region.

These vestiges contain cultivated and collected materials which were package in braided palm leaves baskets that were buried, called "silo". The maize (*Zea mays mays*) is the most common cultivated species in the silos, and the fragments of the guariroba palm fruit (*Syagrus oleracea*) is the most abundant collected species.

Part of this material and two pieces of cassava (*Manihot esculenta*) were analysed. The age of these material were estimated through radiocarbon dating by benzene technique and liquid scintillation counting, done in CENA/USP, using guariroba palm fruit and two charcoal samples.

The age estimated is in between 1010 years for the oldest sample, and 570 years for the most recent one. The cassava fragment is 860 years old.

The maize cob were analysed morphologically using length, basal and apical diameters, largest diameter, number of rows, number of grains/ row, and number of grains/ row/ length.

The starch present in the reserve organs of the maize and cassava were analysed morphologically, in relation to shape and size, using a sample of 300 starch grains for each grain, through scanning electronic microscope.

For comparison, 21 accessions of indian maize races and ethnovarieties from the CNPMS/ EMBRAPA Germplasm Bank, Sete Lagoas, MG, were analysed statistically.

Through the analysis we concluded that:

- The starch of the maize and cassava reserve organs were in excellent state of conservation.

- The morphology of the starch grains permitted the separation of races and varieties of maize.

- During the dated period (1010 to 570 BP) a diversity in the varieties of maize being cultivated was detected and that, at the same time, the prehistorical people were cultivating more than one variety.

- Three patterns of distribution of the size of the starch grain were observed, one with a peak of small grain, another following a normal curve and other with medium size grains.

- These patterns of distribution can be used to characterize some of the studied races of maize.

- The pattern of variation in the size of the maize starch grains suggest that part of the gene pool of the traditional Brazilian races Cateto, Caingang, Guarani Complex, Cristal, Entrelaçado, Moroti and Pontinha São Simão, were present in a larger or smaller proportion in the material cultivated by the prehistorical human populations which lived at least 1.000 years ago in the northern region of Minas Gerais.

- Through the starch morphology it was confirmed that the tuber fragment was cassava.

DESCRIÇÃO E ANÁLISE DE MATERIAL VEGETAL DE SÍTIOS ARQUEOLÓGICOS DA REGIÃO DE JANUÁRIA, MINAS GERAIS

1- INTRODUÇÃO

Os estudos de domesticação de plantas que praticamente se iniciaram em 1886 com o trabalho pioneiro de Alphonse de Candolle (1959), e se ampliaram com o desenvolvimento da metodologia da fitogeografia diferencial de Vavilov (1926), vêm experimentando hoje grande expansão resultante da junção de diferentes metodologias de análise (Harlan, 1992).

Essas metodologias envolvem evidências obtidas a partir das próprias plantas, incluindo o material vivo (taxonomia experimental, ecologia, sistemas genéticos, padrões de variação, reconstrução genética) e material arqueológico (arqueobotânica, palinologia, paleobotânica), a atividade dos homens contemporâneos (língua, tradição oral, técnicas, nutrição) e o passado (história, arte, arqueologia, antropologia física) e outras fontes (geologia, hidrologia, etc.) (Harlan e de Wett, 1973).

Os estudos, como é de se esperar, têm se concentrando em áreas de antigas civilizações e onde há grande quantidade de restos arqueológicos. Em áreas tropicais, como é o caso do Brasil, estes estudos ainda são restritos à alguns grupos de trabalho.

Baseando-se na integração de evidências de natureza arqueológica, histórica e biológica, Harlan (1971) identificou e mapeou três centros de origem da agricultura, na América Central, no Oriente Próximo e no Norte da China, onde inúmeras plantas e animais foram domesticados e de onde se dispersaram para outras regiões.

Nas áreas tropicais, por falta de informação principalmente de natureza arqueológica e histórica não houve possibilidade de se estabelecerem áreas nucleares com clara delimitação, apesar de importantes plantas terem aí sido domesticadas como é o caso da banana e cana de açúcar no Sudeste Asiático, do café e do sorgo na África, da mandioca, batata doce e inhame na América do Sul.

Uma das únicas tentativas para se localizar um centro de domesticação de plantas em áreas tropicais do Brasil foi a de Clement (1989), que utilizando metodologia semelhante a de Vavilov (fitogeografia diferencial), delimitou no oeste da Amazônia um centro de diversidade para frutíferas.

Porém, pode-se afirmar que, embora existam evidências de que a domesticação de importantes culturas como a do algodão, caju, mandioca, batata doce, amendoim e de outras dezenas de espécies de plantas localmente importantes, tenha ocorrido nas áreas tropicais da América do Sul, pouco sabemos, dificultando ou mesmo impedindo a localização de centros de domesticação, a datação dessas áreas e a reconstituição do processo de domesticação (Martins, 1994).

Porém, recentes trabalhos de arqueologia (Prous, 1986; 1991; Roosevelt, 1996) têm revelado manifestações de arte rupestre mostrando atividade de coleta vegetal e de agricultura, e o que é extremamente importante, material arqueológico vegetal em grande quantidade e excelente estado de conservação, permitindo análise taxonômica deste material com possibilidade de se estabelecerem relações com as raças cultivadas pelos indígenas atuais.

A análise desses materiais arqueológicos poderá contribuir efetivamente não só para classificá-los taxonômicamente como para se compreender a dinâmica evolutiva do processo de domesticação de plantas em áreas tropicais.

2- OBJETIVOS

O trabalho tem como objetivos:

a) descrever e caracterizar morfológicamente o material arqueológico das espécies cultivadas milho (Zea mays mays L.) e mandioca (Manihot esculenta) encontrado em sítios arqueológicos da região de Januária, Minas Gerais;

b) caracterizar através de microscopia ótica e eletrônica, a morfologia dos grãos de amido dos órgãos de reserva do milho (sementes) e da mandioca (tubérculo);

c) comparar o amido das sementes do material arqueológico de milho com o amido das sementes de um grupo de raças indígenas ou cultivares primitivas sulamericanas.

3- REVISÃO DA LITERATURA

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 é que 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 se 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.

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.

3.1 Geografia da Domesticação

O botânico francês Auguste de Candolle em 1866 (1959), foi quem primeiro mostrou que as espécies de plantas domesticadas surgiram em áreas geográficas específicas as quais denominou centros de origem. Estes centros seriam as regiões onde as espécies cultivadas teriam sido domesticadas pelo homem a partir de ancestrais selvagens. De Candolle utilizou, para estabelecer os seus três centros de origem (China, Sudeste da Ásia e América Tropical), a integração de evidências de natureza histórica, lingüística, arqueológica e botânica, principalmente a presença de parentes selvagens das espécies cultivadas. Entretanto, em seu tempo poucos eram os vestígios arqueológicos e normalmente confinados a áreas restritas, como o Egito e alguns lagos suíços que estudou (Harlan, 1975). Além disto poucos ancestrais de plantas cultivadas eram conhecidos, fazendo com que seu trabalho ficasse muito incompleto.

Porém, foi o cientista russo N.I.Vavilov (1926), quem, numa série de trabalhos e livros modificou e ampliou os conceitos de de Candolle sobre os centros de origem de plantas cultivadas. Utilizando a metodologia da fitogeografia diferencial, através do mapeamento da distribuição da variabilidade tanto dentro como entre as diferentes culturas, estabeleceu regiões de diversidade máxima, denominando-as centros de origem.

Vavilov comandou um extenso projeto que consistia na coleta de raças locais ou etnovarietades de plantas cultivadas em diversas regiões do planeta, formando um dos maiores bancos de germoplasma, ainda hoje existente, na Rússia. Estudando este material ele verificou que para as diferentes culturas

existiam regiões onde a variabilidade era maior, inclusive com a presença de ancestrais selvagens destas espécies. Denominou estas regiões de centros de origem, significando o local onde a espécie foi domesticada pelo homem a partir de ancestrais selvagens.

Foi através de Vavilov que os melhoristas aprenderam que a variabilidade em plantas cultivadas está restrita a determinadas áreas ou centros. Estes centros, em número de oito, com alguns sub-centros, situam-se nas Américas Central e do Sul, região do Mediterrâneo, leste da África, Oriente Próximo, Índia, Ásia Central e Sudeste da Ásia (Vavilov, 1926).

Porém, Harlan (1971), mostrou que a metodologia da fitogeografia diferencial utilizada por Vavilov não era adequada para localizar centros de origem. Segundo este autor, as evidências primárias de um centro de origem são de natureza histórica, pois êle corresponde ao local onde uma espécie foi domesticada pelo homem e a partir de onde se difundiu para outras regiões, enquanto as evidências de um centro de diversidade são de natureza biológica, pois qualquer espécie selvagem ou domesticada, possui um centro de máxima diversidade fenotípica e/ou genotípica. Portanto, para ele, uma espécie pode ter sido domesticada em uma região e depois levada a outra, na qual se adaptou muito bem aumentando seu nível de diversidade acima do que existia na própria região de origem da espécie.

Segundo Harlan (1971) é possível localizar três centros de origem perfeitamente delimitados e datados: Oriente Próximo (~ 7.000 A.C.), América Central (~6.000 A.C.) e China (~4.000 A.C.). Nas regiões tropicais da América do Sul, África e Sudeste da Ásia, inúmeras plantas foram domesticadas, porém não há possibilidade de serem delimitadas áreas nucleares e datar os eventos de domesticação, principalmente por falta de evidências arqueológicas. A essas grandes regiões, Harlan deu a denominação de não-centros.

Mais recentemente, Harlan (1989), chamou a atenção para o fato de que seu modelo de centros e não centros de origem é bastante simplista, argumentando que o mundo real é muito mais complexo e que se alguns casos

individuais de plantas domesticadas se encaixam neste modelo, muitos outros não se encaixam.

3.2 Domesticação do Milho

O milho é fora de dúvida originário das Américas. Foi Colombo que, em 1492, levou sementes desta planta para a Europa. Porém, apesar da grande quantidade de trabalhos de natureza taxonômica e evolutiva, ainda persistem controvérsias em relação à época, local e processos de domesticação dessa espécie. Atualmente aceita-se que o ancestral do milho é o teosinte (Beadle, 1980; Iltis, 1983a, 1983b; Doebley, 1990).

Muitas teorias foram propostas para explicar a origem do milho, sendo que três delas se destacam. A primeira formula a hipótese da evolução divergente (radiação adaptativa) para o milho, *tripsacum* e teosinte, a partir de um ancestral comum (Weatherwax, 1955; Randolph, 1955). A segunda, que é motivo de grandes controvérsias, lança a hipótese de que o teosinte é o resultado da hibridação natural de um milho primitivo, já extinto, e *tripsacum*, e que as progênes dos híbridos naturais de teosinte e milho foram a fonte da maioria das raças de milho (Mangelsdorf e Reeves, 1939; Mangelsdorf, 1974). A terceira teoria sugere que o ancestral do milho é o teosinte, atribuindo o processo à ação da seleção automática (Beadle, 1980; Galinat, 1971, 1983, 1985; Iltis, 1983a, 1983b, 1986).

A despeito das grandes diferenças morfológicas e anatômicas entre teosinte e milho, os dois hibridizam-se livremente, tanto na natureza quanto em condições experimentais, tanto que o teosinte, que já foi considerado pertencente à um gênero diferente de *Zea*, *Leuchlaena*, e depois uma espécie diferente do milho, mas do mesmo gênero, *Zea mexicana*, hoje é considerado uma subespécie de *Zea*, *Zea mays mexicana*.

Enquanto as evidências biossistemáticas indicam o teosinte como o ancestral do milho, as evidências arqueológicas de que se dispõe atualmente, não confirmam isto.

Os restos arqueológicos da domesticação são geralmente incompletos no sentido de apresentar lacunas morfológicas entre as espécies. Essas lacunas são geralmente consideradas como sendo resultado da velocidade da transformação. Uma solução definitiva do problema da origem do milho ainda não veio da arqueologia e é provável que dificilmente virá (Chutgai, 1985).

Embora as espigas arqueológicas de Tehuacán, México, forneçam evidências da evolução do milho sob domesticação, estendendo-se até 7.000 anos atrás, existem dúvidas se os remanescentes mais velhos que foram encontrados, correspondem aos de uma planta realmente selvagem, como foi sugerido inicialmente, ou se elas foram introduzidas na área como uma forma semi-domesticada de milho ou teosinte (Beadle, 1972).

Durante a escavação de um sítio arqueológico na Cidade do México, em 1954, 14 grãos de pólen foram recuperados a uma profundidade de 70 metros, correspondendo a uma idade de 80.000 anos. Dos 14 grãos, 5 foram considerados como sendo milho, com base no tamanho. Porém Beadle (1972), duvida desta afirmação. Segundo ele, existe uma estreita correlação entre o tamanho do pólen, o comprimento da espiga e a distância que o tubo polínico deve percorrer no estigma e estilete. O milho primitivo e o teosinte, com suas espigas pequeninas, apresentam pequenos grãos de pólen, que não conseguem fertilizar a oosfera das grandes espigas modernas com seus estiletos longos. Supondo que o referido milho selvagem era pelo menos tão pequeno e primitivo quanto as espigas arqueológicas de 7.000 anos encontradas em Tehuacán, a correlação do tamanho do pólen e espigas pequenas indica que o pólen encontrado é claramente demasiado grande para ser milho selvagem.

Além disto, pesquisas com milho, teosinte e tripsacum sob diferentes condições ambientais controladas, como temperatura, umidade e fotoperíodo, mostraram que existe uma amplitude de variação do tamanho dos grãos de pólen destas espécies dependendo do ambiente em que se encontram, e que há uma sobreposição de tamanho do pólen entre milho e teosinte, indicando não ser possível concluir que os grãos de pólen encontrados na Cidade do México são realmente de milho (Kurtz *et al*, 1960).

As evidências arqueológicas do milho na América do Sul, por outro lado, são bastante limitadas. Segundo Goodman (1978) as evidências existentes sugerem que o milho tenha sido cultivado nesta região desde o ano 2.500 A.C.

Duas teorias foram apresentadas tentando esclarecer como o milho foi domesticado a partir do teosinte. Galinat (1971, 1983, 1985), afirma que a domesticação do milho ocorreu em duas etapas: a primeira com a seleção automática do homem sobre o teosinte, e a segunda da seleção consciente sobre o teosinte após a incorporação de várias mutações simples que alteraram substancialmente a estrutura de sua espiga facilitando, deste modo, a domesticação.

A segunda teoria, apresentada por Iltis (Iltis, 1983a, 1983b, 1986; Gould, 1984), chamada de Teoria da Transmutação Sexual Catastrófica, afirma que a espiga do milho surgiu da feminização da ráquis da panícula terminal dos ramos laterais do teosinte durante um período de tempo relativamente curto.

Portanto, a diferença fundamental entre as duas teorias, refere-se à origem da espiga do cultígeno. Galinat defende a idéia de que a espiga do milho é proveniente da espiga do teosinte, enquanto Iltis diz que a espiga do milho é originária da inflorescência masculina terminal dos ramos laterais do teosinte.

3.3 Milho em Sítios Arqueológicos do Brasil

De acordo com Prous (1986) alguns achados arqueológicos de milho sugerem que esta espécie era cultivada, em Minas Gerais, pelo menos desde 4.500 B.P.

Trabalhos realizados sob a coordenação deste pesquisador através do Setor de Arqueologia do Museu de História Natural da UFMG, na região do Alto Médio São Francisco, têm fornecido, através da análise de pinturas rupestres e de análise de material vegetal tanto selvagem como cultivado, informações sobre as populações humanas pré-históricas dessa região.

Diversas amostras de vegetais coletados ou cultivados pelos homens pré-históricos que aqui 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 propiciou 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.

Geologicamente, a região, segundo Prous *et al*, (1984), está assentada no Cráton Sanfranciscano, formado por rochas sedimentares do Grupo Bambuí. Nesta área há vestígios da presença do homem a partir de 11.000 anos atrás, através de diversas pinturas rupestres espalhadas em diversos abrigos rochosos calcários existentes na região, as quais se distinguem por diversas fases ou estilos. Além das pinturas, encontram-se instrumentos de pedra feitos pelos homens como pontas de flecha, raspadores, facas, machados. Existem ainda diversas peças de cerâmica, também com diferentes estilos, indicando diversos momentos de ocupação da área.

Os desenhos rupestres mostram além de animais da região, usados na alimentação ou não, cenas antropomórficas, do dia a dia e representações de vegetais, como plantas de milho, palmeiras e tubérculos, bem definidos. Prous (1991), chama a atenção para o fato de que representações vegetais na arte

rupestre são muito raras no mundo todo, porém relativamente comuns nas grutas e abrigos dessa região de Minas, incluindo inclusive plantas cultivadas como o milho, representado formando fileiras, aumentando ainda mais a importância destes sítios..

Porém, o que mais chama a atenção, são os restos vegetais conservados nestes abrigos. Estes restos estavam acondicionados em cestas de folhas de palmeira, palhas de milho e capim trançado, que estavam enterradas e, por este motivo receberam a denominação de silos. Alguns destes silos eram formados por uma esteira de tábua ligadas por cordas de embira, formando o fundo do silo. Dentro destes silos foram encontrados fragmentos de mandioca, coquinho guariroba e licuri, feijão, algodão, diversas sementes, tais como urucum, pimenta, umbu, anonáceas, fragmentos de frutos de canção, pitomba, cabaca, folhas de fumo e uma grande quantidade de espigas de milho de diferentes formas, tamanhos e coloração de grãos.

Estes silos possuem dimensões que variam de 20 a 120 cm de diâmetro, por no máximo 70 cm de profundidade, segundo os mesmos autores anteriormente citados.

Estes achados são muito importantes, pois devem permitir que conheçamos o passado das populações que aqui existiram, como era sua cultura, o que plantavam, o que comiam, que instrumentos fabricavam, qual o nível de contato com outras populações de diferentes lugares.

Em relação ao milho aí encontrado, Bird *et al* (1991) classificou-o como pertencente à raça Entrelaçado. Este é o nome que foi dado em português à raça "Interlocked" por Brieger *et al.* (1958), segundo Paterniani e Goodman (1977), a qual possui endosperma farináceo e aleurona de coloração roxa escura e clara, muito semelhante aos milhos atualmente cultivados pelos Xavantes (Brieger *et al.*, 1958). Esta raça agrupa várias populações pertencentes à Bacia Amazônica, com exceção das populações de Cateto Nortista, sendo encontrada também no Peru e Bolívia, indicando uma vasta e contínua área de ocorrência.

A origem deste material, segundo Brieger *et al* (1958), é um mistério, mas ele sugere que este material é muito antigo tendo surgido por seleção, a

qual foi direcionada para grande número de fileiras e no aumento do comprimento da espiga. Ele acredita também que a característica dos grãos entrelaçados é contemporâneo das primeiras raças de milho domesticado. Esta raça é definida como sendo uma raça adaptada a baixas altitudes.

O primeiro estudo de análise de exemplares de milho arqueológico de sítios pré-históricos do norte e nordeste de Minas Gerais, foi realizado por Bird *et al* (1991). Os espécimes mais antigos encontrados, localizavam-se em horizonte cronológico entre 4.000 e 1.000 B.P.

Os exemplares de milho examinados foram agrupados por esses pesquisadores em quatro tipos principais: Entrelaçado Amazônico, Moroti-Gamba, Farináceo das Terras Baixas Tropicais e um grupo não identificado.

Além desta região, há relatos de milho arqueológico escavados em outras regiões do Brasil. Em Goiás, nos vales do afluente do rio Paranaíba existem alguns abrigos onde foram encontrados entre outras coisas sepultamentos com restos alimentares e entre estes o milho. Do mesmo modo foram encontradas oferendas aos mortos no Rio Grande do Sul, onde o milho e a cabaça estão presentes. Neste local, o milho se encontra em uma camada cronológica situada entre os anos de 140 e 1790 A.D. (Prous, 1992). Milho e cabaça também são descritos por Roosvelt (1996) em cavavernas em Monte Alegre, PA, onde a pesquisadora identifica o milho como pertencente à raça Coroico, que é a raça Entrelaçado. Temos ainda relatos de milho em Santa Catarina (impressão da espiga em cerâmica), Ilha de Marajó e, mais recentemente, em diversos quilombos espalhados pelo Brasil (Prous, 1992).

3.4 Mandioca em sítios arqueológicos no Brasil

A domesticação da mandioca ainda é um assunto polêmico devido ao pequeno número de evidências, principalmente de natureza arqueológica, as quais poderiam definir aonde esta espécie foi domesticada e quando este fato ocorreu.

Não existe um centro de origem definido para a mandioca e muitos acreditam que sua domesticação ocorreu em diversas regiões independentemente, tanto na América do Sul como na América Central. Em algumas regiões do Brasil ocorrem populações de diversas espécies do gênero *Manihot*, como é o caso do Nordeste brasileiro, o qual pode ser considerado como um centro de diversidade para a espécie (de Candolle, 1886). Segundo Schmitz (1993), esta região foi um importante centro formador e irradiador de culturas e provavelmente de populações. Entretanto, Harlan (1975), mostra que para diversas espécies os centros de domesticação podem não coincidir com os centros de diversidade, indicando que mesmo havendo uma grande diversidade de uma espécie ou gênero em uma região, esta pode ter sido trazida de outro local e aí ter se estabelecido e até mesmo ampliado seu nível de diversidade.

Em termos arqueológicos, a maioria dos dados sobre o uso da mandioca pelas populações primitivas faz referência a vestígios indiretos, como cerâmicas e ferramentas usadas no preparo desta espécie (Renvoize, 1973; Prous, 1992). Na literatura encontramos descrições de vasilhas usadas para armazenar as bebidas fermentadas feitas a partir de mandioca. Encontram-se pratos usados para assá-la, para o preparo da farinha, além de raspadores, feitos muitas vezes com pedaços de conchas. Entretanto, a datação deste material é pouco conclusiva e esparsa, além de haver dúvidas se estes utensílios eram utilizados com a mandioca já cultivada ou com a selvagem.

Baseados nestes vestígios, pesquisadores sugerem que a mandioca era a base alimentar da maioria das populações do litoral, enquanto as populações do interior tinham o milho como principal fonte alimentar, mas tendo a

mandioca uma importância também grande para estas populações (Prous, 1992).

Vestígios concretos de mandioca são encontrados no Brasil central, mais especificamente na região de Januária, MG, segundo Junqueira e Malta (1981, 1982), Veloso e Rezende (1992) e Prous (1984, 1991, 1992). Nesta região foram encontrados tubérculos inteiros e fragmentos de mandioca conservados em espécies de silos, anteriormente descritos, permitindo com seu estudo um aumento das informações a respeito desta cultura.

3.5 Metodologias de Análises

Para o estudo do material vegetal que vem sendo descoberto em número cada vez maior nos últimos anos, inclusive em áreas tropicais, 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 de acordo com os dados e respostas que se espera obter a partir deles.

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 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).

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 C_{13} / C_{12} , a qual é maior quando a dieta é rica em plantas do tipo fotossintético C_4 , como as gramíneas e mais especificamente o milho e, menor quando é baseada em plantas tipo C_3 , como a mandioca. Estes autores sugerem que o aumento da população de Parmana, na região amazônica da Venezuela, as 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 C_{13} / C_{12} , momento em que começa a haver uma substituição da dieta baseada em mandioca para o milho.

Em ambientes onde os vestígios arqueológicos são escassos devido à dificuldade de conservação de material orgânico devido 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 identificarmos 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.

Em relação ao milho, centenas de variedades já existiam e eram utilizadas pelas populações nativas de todo continente americano quando ocorreu o contato com o Velho Mundo, sendo que estas variedades foram criadas e mantidas por grupos humanos, cada qual para um propósito próprio. O reconhecimento destas diferenças varientais em milho antigo, obtido em escavações de sítios arqueológicos, é muito importante para se entender a longa e complexa interação entre os povos e este cereal.

Um esforço neste sentido pode ser encontrado no trabalho de Goette *et al.*, (1994), onde as autoras aplicaram em algumas variedades tradicionais de milho andino, técnicas que ainda hoje são usadas por populações tradicionais, no seu preparo para alimentação, como por exemplo o cozimento das sementes ou sua carbonização/ tostagem ou outra técnica muito usada em determinadas regiões do Peru, que faz com que a semente germine para depois ser tostada.

Como muito das técnicas de processamento do milho modificam as características da semente, como forma, tamanho, cor e assim por diante, as autoras estudaram estas transformações que ocorrem tanto na semente como no sabugo e como as diferentes variedades de milho utilizadas variavam em um mesmo tratamento.

Como muito das sementes e sabugos encontrados em sítios arqueológicos podem provavelmente sofrer algum tipo de transformação, com estes experimentos, elas esperavam conseguir identificar nas amostras

arqueológicas o tipo de tratamento que as populações da época usaram e, o mais importante, qual era a variedade deste milho, podendo desta forma compreender um pouco mais da cultura destes povos, como por exemplo qual era a diversidade de variedades que uma determinada tribo cultivava.

Ainda nesta abordagem, foram também aplicadas tais técnicas em espigas inteiras, além de outras que tentavam reproduzir o “envelhecimento” das espigas, a fim de verificar as transformações sofridas pelas sementes, quando agrupadas sob os diferentes tratamentos. Nesta parte do experimento, elas pretendiam reconstruir como era a espiga a que pertencia cada uma das sementes, como por exemplo qual era o número de fileiras desta espiga, a partir de medidas de determinados ângulos da semente.

Em termos de estatística, um trabalho que tenta caracterizar diferentes variedades de milho através de uma série de medidas, como por exemplo diâmetro da espiga, número de fileiras, comprimento, número de grãos por área da espiga, % de grãos do topo da espiga, da parte média e da inferior, entre outras, foi desenvolvido por Srinivas *et al* (1991).

Neste trabalho, os autores dividiram a espiga em três partes: apical, média e basal e, de cada uma destas partes tomaram as diversas medidas relacionadas acima e analisaram estatisticamente. Um dos resultados obtidos foi que, em termos estatísticos, os dados tomados da parte basal da espiga não diferem estatisticamente entre as diferentes variedades de milho, diferentemente das porções apicais e médias que diferiram. Neste aspecto, este trabalho é muito interessante para nós, pois como descreveremos mais a frente em Materiais e Métodos e depois em Resultados e Discussão, nosso material também foi analisado dividindo a espiga nestas três partes e, também para nós, a porção basal não mostrou diferença estatística significativa.

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 resposta aos diferentes antígenos, ou seja, ao macerado das sementes.

Diversos testes sorológicos e imunoeletroforéticos foram realizados para classificar evolutivamente as diversas espécies e variedades por eles analisadas, aumentando um pouco mais o número de dados existentes na literatura para que possamos entender um pouco mais sobre a história do milho.

3.6 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 glucose: 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 formada 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).

Em termos de tamanho dos grãos de amido do milho, a literatura registra variação entre 2 a 30 micrômetros de diâmetro, com uma média de 10 micrômetros, segundo Swinkels (1985), ou 15 de micrômetros, segundo Jane *et al* (1992), encontrando ainda genótipos com médias de 5,4; 5,6; 7,0, entre outras, sendo que a amplitude de tamanho destes grãos é de 3,0-9,0; 3,0-10 e 4,0-11,0 micrômetros, respectivamente (Wang *et al*, 1993).

O uso do microscópio eletrônico de varredura para análise de amido teve início na década de 70 (Gallant e Bouchet, 1986), 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 como de transmissão (Gallant *et al*, 1973).

Além disto, o amido pode ser tratado de diferentes maneiras para analisar o efeito que isto causa em seus grãos, como por exemplo aquecê-los ou mesmo congelá-los e compará-los, através de microscopia, caracterizando as mudanças que estes tratamentos causaram (Chabot *et al* 1976; Vose, 1977; White *et al*, 1990; Zao & 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 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 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, 1986).

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.

Yasui, (1949), segundo Whistler e Thornburg, (1957), acredita que os grãos de amido de milho se originam como grãos compostos e só mais tarde se tornam simples, contrariando a maioria dos autores que acreditam serem estes grãos sempre simples.

Desde antes da metade deste século, os geneticistas já estavam interessados na variação da herança no endosperma de milho (Sandstedt *et al*, 1968). Com a identificação de genes recessivos que afetavam a relação entre

amilose e amilopectina, iniciou-se uma nova fase no melhoramento de milho com ênfase no tipo de amido produzido.

Um estudo interessante foi desenvolvido por Wang *et al* (1993), onde analisaram 17 genótipos mutantes, originados a partir de um genótipo comum, utilizando genes marcadores que influenciam a síntese de amido, como *ae*, *du*, *sui*, *wx*, tanto na qualidade quanto na quantidade deste no endosperma como, por exemplo, na concentração de amilose ou de amilopectina e no seu arranjo molecular, influenciando o formato do grão. Estes dados foram comparados com imagens de um microscópio eletrônico de varredura - SEM tomadas dos mesmos genótipos.

Com eles foi possível verificar o quanto um gene pode modificar o tamanho dos grãos de amido, como é o caso de um genótipo onde os grãos variaram de 2 a 9 micrômetros, enquanto em outra amostra estes variaram de 6 a 19., e em outra de 8 a 22. Cada um destes genótipos tinha apenas um ou dois genes marcadores que estavam variando.

Outro trabalho muito parecido com o anterior foi realizado por Garwood *et al.*(1976). Nele os autores escolheram plantas de milho que possuíam diversos alelos do gene *ae*, dando um total de 7 alelos. Através de diversos retro-cruzamentos com um genótipo padrão mediram o conteúdo de amilose para cada um destes alelos, percebendo padrões próprios para cada alelo.

Muitos trabalhos caracterizam e analisam a forma e tamanho dos grãos de amido de diversas espécies e variedade através do SEM, pois assim é possível ver pequenos detalhes na superfície dos grãos como fissuras, depressões, degradações por ataque enzimático (Hall & Sayre, 1969), e a ocorrência de poros e canais radiais e sua distribuição (Fannon *et al* , 1992; Fannon *et al*, 1993).

A formação dos grãos de amido e o acompanhamento de seu desenvolvimento, como eles se dispõem no endosperma, seu empacotamento em “vesículas”, o crescimento dos grãos, qual a parte na semente em que se tem o início a formação deste amido, o momento em que se tem o início de formação de uma nova leva de grãos de amido (formação secundária), os gradientes de

tamanho dos grãos dentro da semente e, a comparação de todas estas características entre diferentes variedades foram muito bem estudados em trabalhos como os de Boyer *et al* (1977) e Boyer *et al* (1976).

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*, 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 à 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 material 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 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. Pode-

se, por outro lado, na ausência de variação, sugerir, que mesmo havendo uma grande transformação e variação, tanto morfológica como fisiológica nas espécies de plantas cultivadas, o padrão de amido dentro de determinada espécie praticamente não se alterou, seja porque ele está ligado a alguma outra característica dominante essencial ou porque este padrão constante é evolutivamente mais vantajoso mantendo-se com pouca variação dentro da pequena escala de tempo de domesticação

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 foi a passagem do material selvagem para o domesticado e onde isto ocorreu e, especificamente neste caso saber que cultivares deram origem as 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. A mesma correlação entre o aparecimento da irrigação e a presença de importantes plantas cultivadas como o milho e a mandioca aparecem no trabalho de Cohen (1978), também estudando sítios arqueológicos na região costeira do Peru. Neste trabalho o autor descreve diversas plantas cultivadas nesta região, tais como abóbora, feijão, amendoim, batata, abacate, pimenta, entre outras, além da descrição de caça e pesca utilizado pelos habitantes do local, caracterizando as diversas fases de uso e ocupação desde 12.000 anos atrás até o início da ocupação espanhola .

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 sulamericanas 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, devido a marcas e formas de como estes frutos foram utilizados.

Em termos de material cultivado, ela relata a presença de espigas de milho desidratadas, provavelmente da raça Coroico, e fragmentos de cabaça, indicando a existência da agricultura nesta região, entretanto sem referência ao período correspondente destes materiais. Contudo os outros vestígios indicam que esta região já era habitada há mais de 12.000 anos, indicando que a presença do homem nas terras tropicais da América do Sul ocorreu antes do que a teoria mais aceita sugere. Esta diz que nesta data o homem ainda estava cruzando o Estreito de Bering e só alguns milênios mais tarde chegaria nesta região. Isto demonstra o quanto a arqueologia em áreas tropicais pode fornecer informações para esclarecer a história do homem nas Américas.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Material

Podemos dividir o material utilizado em duas partes, a primeira sendo composta por material arqueológico de milho e mandioca, e a segunda por acessos de milho obtidos no Banco de Germoplasma do CNPMS, EMBRAPA, representando etnovariedades.

4.1.1 Material Arqueológico:

Este material foi obtido através de escavações arqueológicas realizadas a partir do final dos anos 70, em antigos abrigos rochosos utilizados pelo homem pré-histórico no Vale do Peruaçu, na região de Januária, norte do Estado de Minas Gerais (Fig. 1), pela equipe do Dr André Prous, do Museu de História Natural da Universidade Federal de Minas Gerais.

Ao longo deste vale são encontrados muitos vestígios de que o homem esteve presente nesta região desde 10.000 anos atrás, fato revelado primeiro pela grande quantidade de pinturas rupestres presentes em muitos sítios arqueológicos da região e depois, pelos materiais recuperados em escavações, como ferramentas de pedra, cerâmicas e vestígios vegetais, dos quais uma parte é o material de nossa dissertação (Figuras 2 a 17).

O material vegetal é composto em sua maior parte de sabugos de milho (Zea mays mays), alguns inteiros com grãos e palha, mas a maioria sendo fragmentos do sabugo sem grãos. Existe ainda uma grande quantidade de amostra do “cabelo” do milho, ou seja, do estilete. Uma boa quantidade de

grãos soltos deste milho também nos foi fornecida além de fragmentos de carvão, de coquinho Guariroba (Syagrus oleracea) e de mandioca (Manihot esculenta). Todo este material se encontra em excelente estado de conservação.

Este material vegetal estava enterrado e acondicionado em uma espécie de “silo” subterrâneo de armazenagem, composto de uma cesta trançada por fibras de palmeiras, na qual o material vegetal era depositado, depois coberto pela mesma trama de fibras, colocado em um buraco escavado no chão e por cima deste “silo” se colocava terra e cinza de fogueira, a qual diminui o ataque por insetos.

O material por nós analisado provem de 10 “silos” diferentes, oriundos de 2 sítios arqueológicos, todos no Vale do Peruaçu. São eles: Boquete (a maioria do material) e Lapa da Hora, que estão relacionados na Tabela 1.

4.1.2 Acessos do Banco de Germoplasma

Para que tivéssemos um padrão de comparação na análise dos grãos de amido do material arqueológico, recebemos do Banco de Germoplasma do Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo da EMBRAPA, em Sete Lagoas, MG, acessos de milho indígena e de cultivares comerciais antigos, todos coletados pelo Prof. F.G. Brieger e equipe, a partir da criação do Banco de Germoplasma Brasileiro de Milho em 1952, e cuja primeira sede foi o Departamento de Genética da E.S.A. “Luiz de Queiroz”, em Piracicaba, SP.

Nos foi fornecido um total de 21 acessos entre indígenas e cultivares antigos, que estão relacionados na Tabela 2.

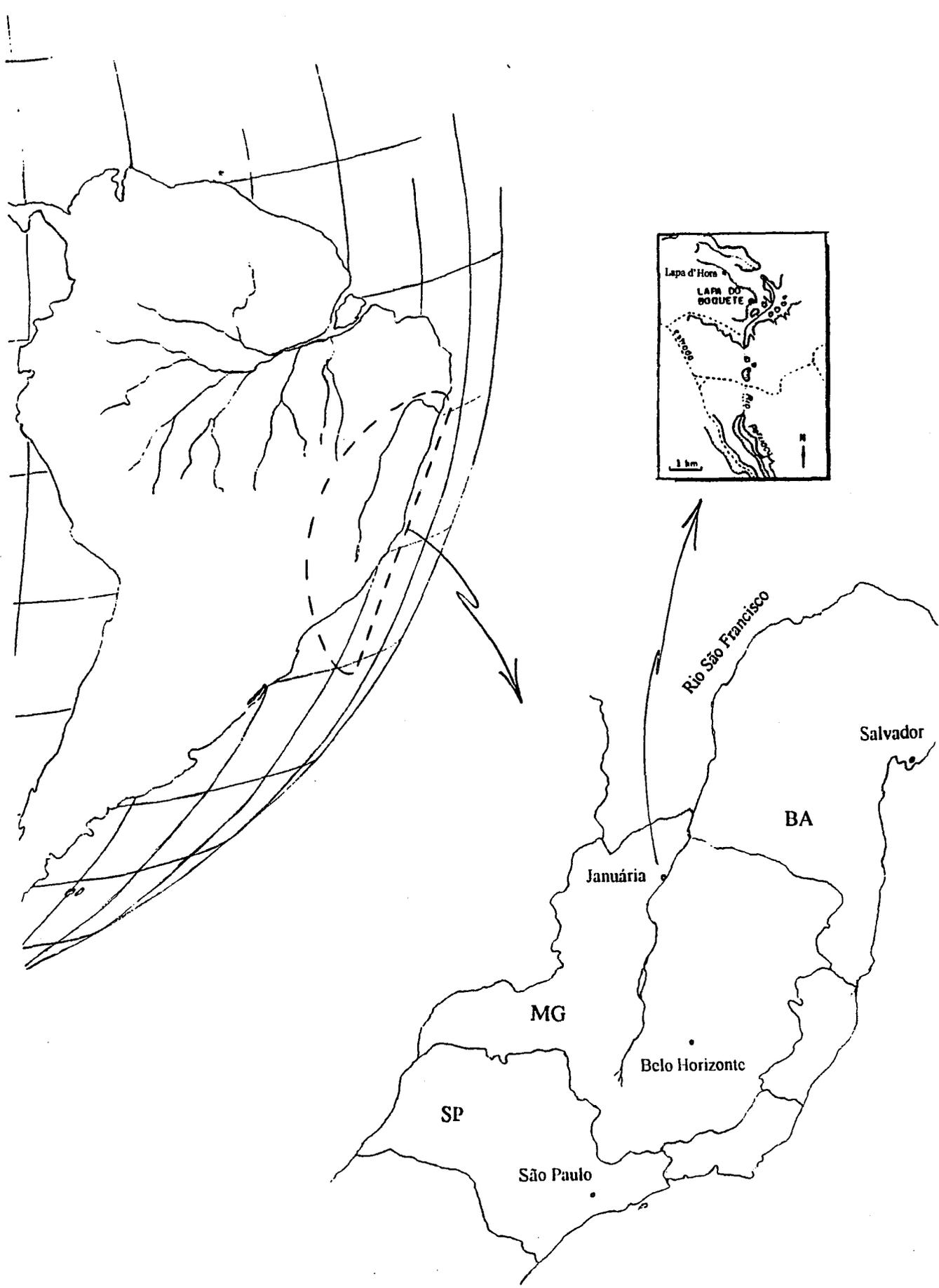
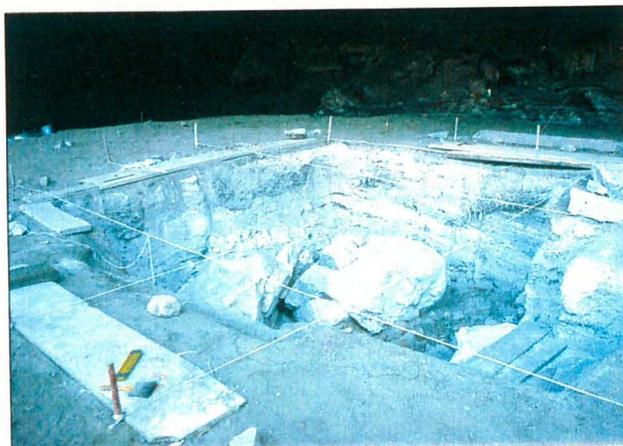
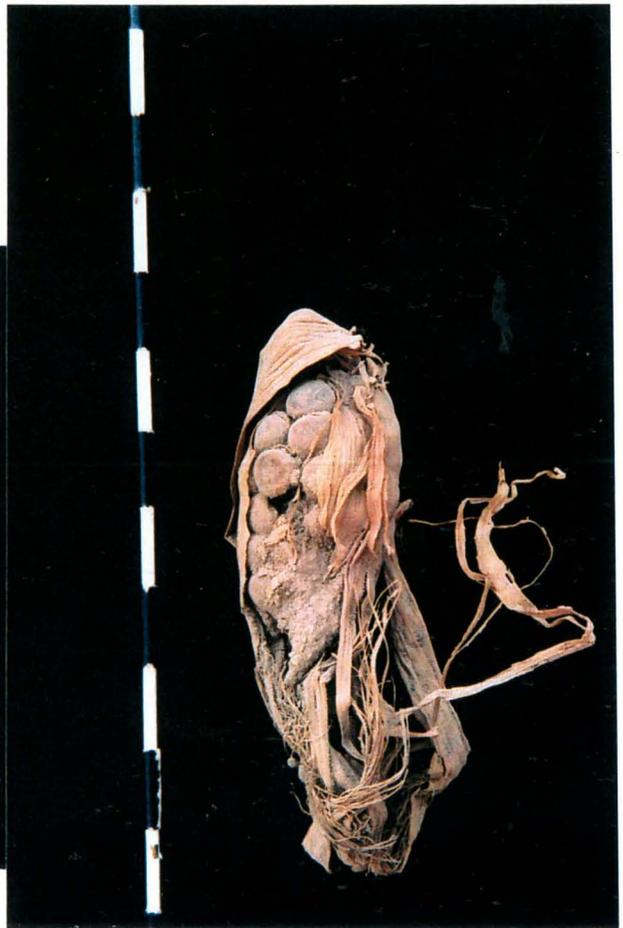
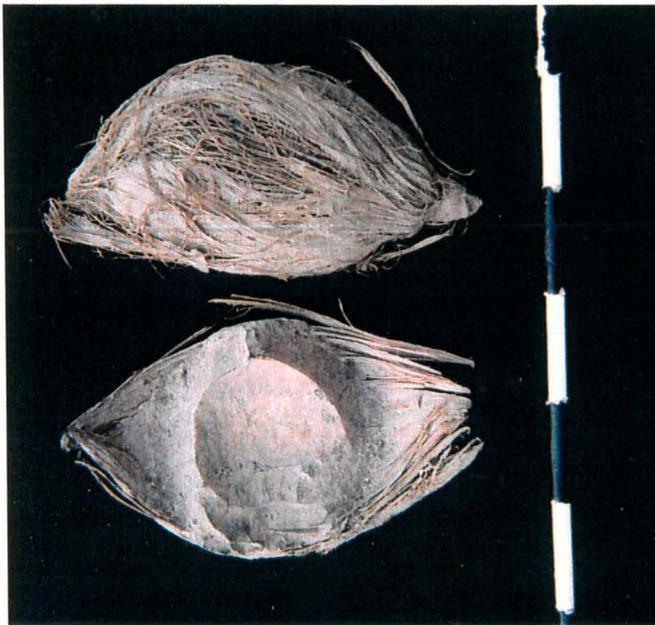
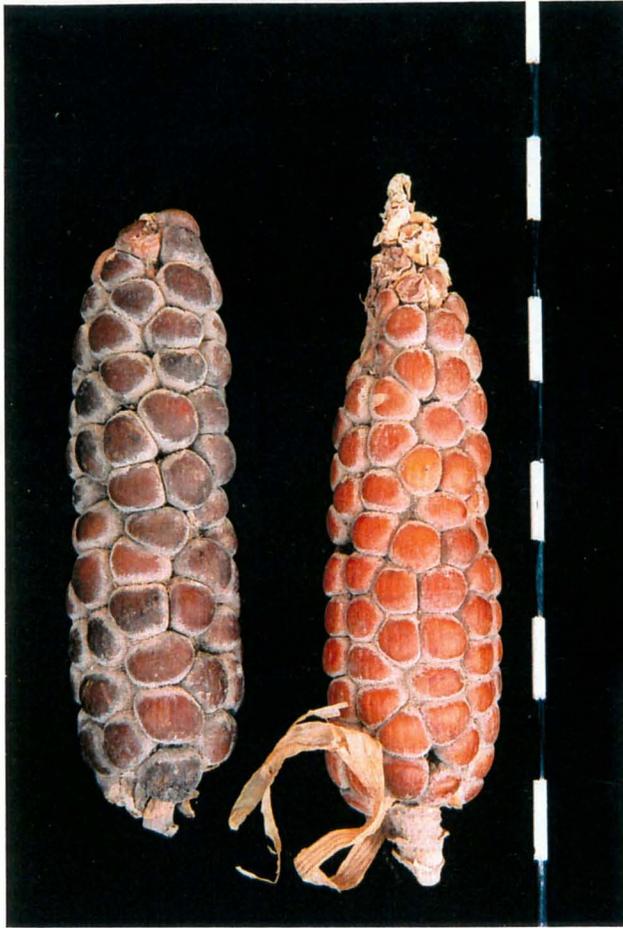


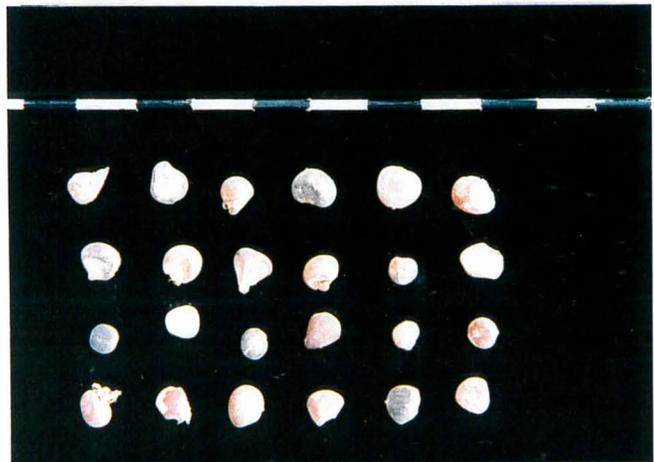
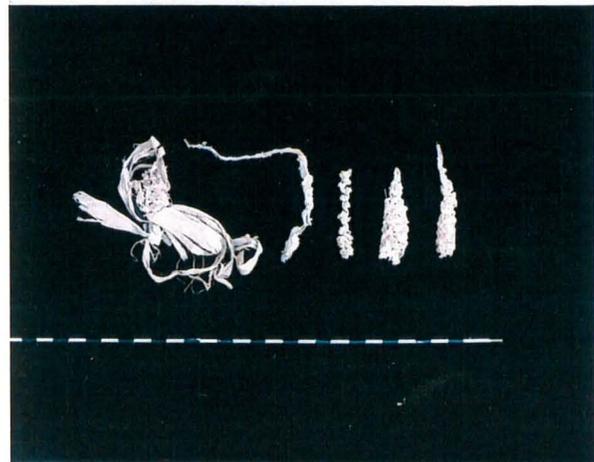
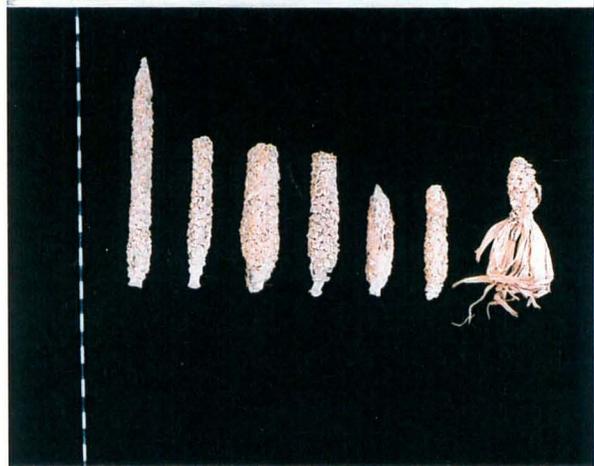
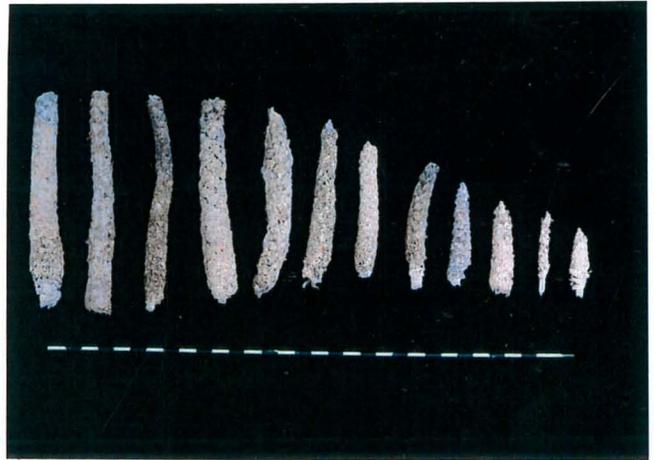
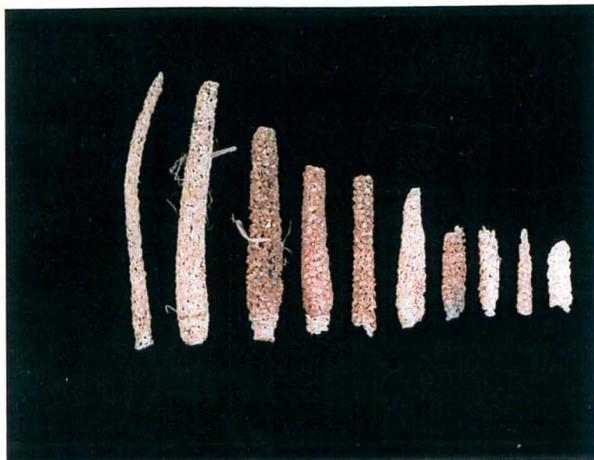
Fig 1. Mapa com a localização dos sítios arqueológicos, na região de Januária, norte do Estado de Minas Gerais.



Figuras 2 a 7. Fig. 2 - Sítio Arqueológico - Boquete (alto esq.); 3 - Detalhe, onde diversos silos foram desenterrados (alto dir.); 4 - Silo em corte (meio a dir.); 5 - Silo sendo desmontado em laboratório (meio a esq.); Figs. 6 e 7- Pinturas rupestres. 6- Tubérculos/ raízes (inferior esq.); 7 - Palmeira buriti e plantas de milho (inf. dir.).



Figuras 8 a 11. Fig 8 - Espigas de milho com 1010 anos de idade (alto esq.); 9 - Fragmento de mandioca (alto dir.); 10 - Coquinho usado na datação por C_{14} (inferior esq.); 11 - Espiga com grão e pedaços da palha (inferior esq.). Escala em cm.



Figuras 12 a 17. Figs. 12 a 16 - Amostras de sabugos arqueológicos inteiros e fragmentados
Fig 17 - Amostras de sementes de milho dos silos. Escala em cm.

Tabela 1. Relação dos sítios arqueológicos estudados e com seus respectivos silos analisados.

Sigla Adotada	Nome do Sítio Arqueológico	Silo **	Ano da Escavação
A	Lapa d'Hora	Silo 1	
B	Boquete	Silo 4; S-4; Q: N 19	1992
D	Boquete	Silo 4, fase 9	
E	Boquete	Silo 4; S-4; Q: M 19	1993
F	Boquete	Q: J(K) 8	1990
I	Boquete	BQT/2; Q: P 29	1989
J	Lapa d'Hora	Silo 2; Q: K 10-11	1991
K	Lapa d'Hora	Silo 2; Q: S 10	

** "S" significa sondagem e "Q" é quadra, a qual indica a posição do silo dentro do sítio arqueológico.

Tabela 2. Relação dos 21 acessos do Banco de Germoplasma do CNPMS utilizados nas análises de grãos de amido.

Indígenas

sigla do acesso* raça		local da coleta****	tribo que cultivava
MT VI	Entrelaçado	Xavantina, Avatí, Teles Pires, MT	Xavantes
MT II	Morotí **	Aldeias Caiuá	Caiuá
MT III	Morotí **	Dourados, MT	Caiuá
MT V	Morotí **	Aldeias Caiuá	Caiuá
PE I	Morotí	Vitória, PE	
SP XIII	Caingang	P. I. Apucarana, PR; P. I. Mangueirinhas, PR	Caingang
SP XIV	Caingang	Tupã, SP	
PR I	Caingang	P. I. Ivaí, PR ; Penápolis, SP	Caingang
RGS XIX	Morotí		
PAG VI	Morotí	Assuncion; S. J. Neponucemo; Cel. Oviedo	

*A sigla se refere ao estado onde o material foi coletado ou o País, Paraguai (PAG)

**Segundo Paterniani e Goodman(1977); e raça Cerimonial segundo Blumenschein (1968)

P. I. = Parque Indígena

Etnovarietades

sigla do acesso	raça	local da coleta****	tribo que cultivava
MG II	Cateto	mistura de vários locais	Tupi
MG III	Cristal	PedraVal e Pouso Alto, MT	
MT I	Cateto Grande	Índios Caiuá; Dourados, MT	Caiuá
BA I	Cateto	Paraíba	
BA II	Cristal		
CE I	Cateto	São Bento Parelhas, RN	
Pontinha S. Simão Complexo Guarani			Guarani
MA I	Cateto	Alcântara, MA	
SP VII	Cateto	***	
SP VIII	Cateto	***	

*** Segundo Blumenschein e Paterniani estes são uma mistura de diversos acessos, que foram agrupados em um único acesso (Paterniani - comunicação pessoal)

**** Segundo Blumenschein - caderneta de campo (anotações pessoais) e McClintock *et al* (1981).

4.2 Métodos

4.2.1. Datação do material.

Para a datação do material foram utilizados fragmentos de coquinho (*Syagrus oleracea*) e carvão encontrados nos silos, a fim de estimar indiretamente a idade de cada amostra de milho e mandioca dos silos.

Os coquinhos e o carvão foram escolhidos para datação por serem mais abundantes e, como o método de datação é destrutivo, para não se perderem as amostras de milho e mandioca. As idades obtidas com os coquinhos e o carvão podem ser extrapoladas para o milho e mandioca pois estes foram acondicionados juntos, na formação do silo escavado.

A datação do material foi realizada pelo Dr Luis Pessenda no CENA, Centro de Energia Nuclear na Agricultura, USP, em Piracicaba, SP, utilizando a metodologia de datação radiocarbônica por espectrometria de cintilação líquida com benzeno (Pessenda & Camargo, 1991).

4.2.2. Descrição e Morfologia comparada:

O material arqueológico descrito foi composto essencialmente por espigas de milho (*Zea mays mays*) (maioria do material), dois fragmentos de mandioca (*Manihot esculenta*), diversos fragmentos de coquinho Guariroba (*Syagrus oleracea*), palha de milho, diversas sementes de milho, além de “cabelo” de milho.

Com relação à morfologia foram realizadas as seguintes mensurações na espiga (inflorescência feminina):

- Diâmetro maior, da base, e do ápice da espiga
- Comprimento da espiga
- Número de fileiras
- Número de grãos por fileira

- Relação comprimento da espiga pelo número de grãos por fileira

Como a maioria das amostras de que dispomos é constituída por fragmentos das espigas, onde é possível identificar se o fragmento é basal, apical ou intermediário, analisamos estes materiais separadamente, em quatro grupos, que são: Espigas Inteiras; Fragmento Basal; Fragmento Apical; Fragmento Médio ou Intermediário.

Tomadas as medidas acima descritas de cada um destes grupos, fez-se a parte estatística usando análise de variância dos dados (Steel & Torrie, 1960; Sneath *et al*, 1973; Caanings & Hoppensteadt, 1982), procurando, através da morfologia externa, comparar os diferentes silos para tentarmos saber se o milho aí encontrado pertence a uma única raça ou a mais do que uma, e se há diferença de material dentro dos silos, entre os silos e entre os sítios arqueológicos. Além disto, somando a estes os dados da idade dos materiais pudemos comparar os materiais para ver se ocorreu uma variação ao longo do tempo.

4.2.3. Análise dos grãos de amido.

No caso do milho, como o número de espigas dos silos é muito variado, com alguns silos contendo apenas um único representante, e conseqüentemente, dificultando a obtenção de conclusões, optou-se por fazer análise das sementes, pois a amostra no caso é mais homogênea.

Para isto 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 os acessos do banco de germoplasma.

Estas amostras foram examinadas no microscópio ótico de luz polarizada, usando uma mistura de 50% de água e 50% de glicerina.

O trabalho principal foi realizado em um microscópio eletrônico de varredura - SEM, modelo Zeiss DSM 940A, usando 5Kv de energia. Uma pequena amostra do 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 (Figura 18).

De cada amostra do material foram medidos 300 grãos de amido, dando um total de 6300 grãos de amido medidos dos acessos do banco de germoplasma e 4800 grãos do material arqueológico.

Em cada grão de amido foram tomadas duas medidas, o maior comprimento e a maior ortogonal em relação a primeira medida, além da relação entre as duas medidas para termos um padrão da forma dos grãos, já que alguns grãos eram bem arredondados e outros mais alongados ou ovais.

A forma e tamanho dos grãos de amido são específicos para cada espécie, cada uma com seu padrão e variação. O que procuramos fazer foi caracterizar o padrão que ocorre nestas amostras e se há uma variação que nos permitiria separar raças. No caso do fragmento do tubérculo, procurou-se com esta técnica confirmar se este era realmente mandioca ou se se tratava de outra espécie.

Nas Tabelas 3 e 4 são identificadas as amostras usadas nas análises e as siglas adotadas.

Tabela 3. Sementes arqueológicas usadas na análise dos grãos de amido.

local	identificação	número de grãos analisados	sigla adotada
Boquete	BQT/92; silo 4; Q: N 19	3	A1-1; A1-2; A1-3
	BQT/2; silo 1; Q: PQ 27-28; S 2	1	A2
	BQT/93; silo 4; Q: M 19; S 4	3	A4-1; A4-2; A4-3
	BQT/2; silo IV; fase 7b	3	A5-1; A5-2; A5-3
	BQT/ S II (89); Q: A	2	A7; A7-2
Lapa da Hora	Q: depósito 1	2	A3; A3-1
	silo 2; Q: K 10-11	2	A6-1; A6-2

Tabela 4. Sementes dos 21 acessos de raças indígenas e locais do banco de germoplasma e suas correspondentes identificações.

acesso	MG II	MG III	MT VI	MT I	MT II	MT III	MT V
sigla adotada	B 1	B 2	B 3	B 4	B 5	B 6	B 7
acesso	BA I	BA II	PE I	CE I	Pontinha S. Simão	Complexo Guarani	MA I
sigla adotada	B 8	B 9	B 10	B 11	B 12	B 13	B 14
acesso	SP VII	SP VIII	SP XIII	SP XIV	PR I	RGS XIX	PAG VI
sigla adotada	B 15	B 16	B 17	B 18	B 19	B 20	B 21

4.2.4. Análise estatística.

A partir dos dados levantados fizemos uma análise estatística para ajudar na interpretação dos dados, onde foi usado análise de variância e, em seguida aplicou-se o teste de Tukey para comparar as médias dos grãos de amido (Steel & Torrie, 1960).

Legenda

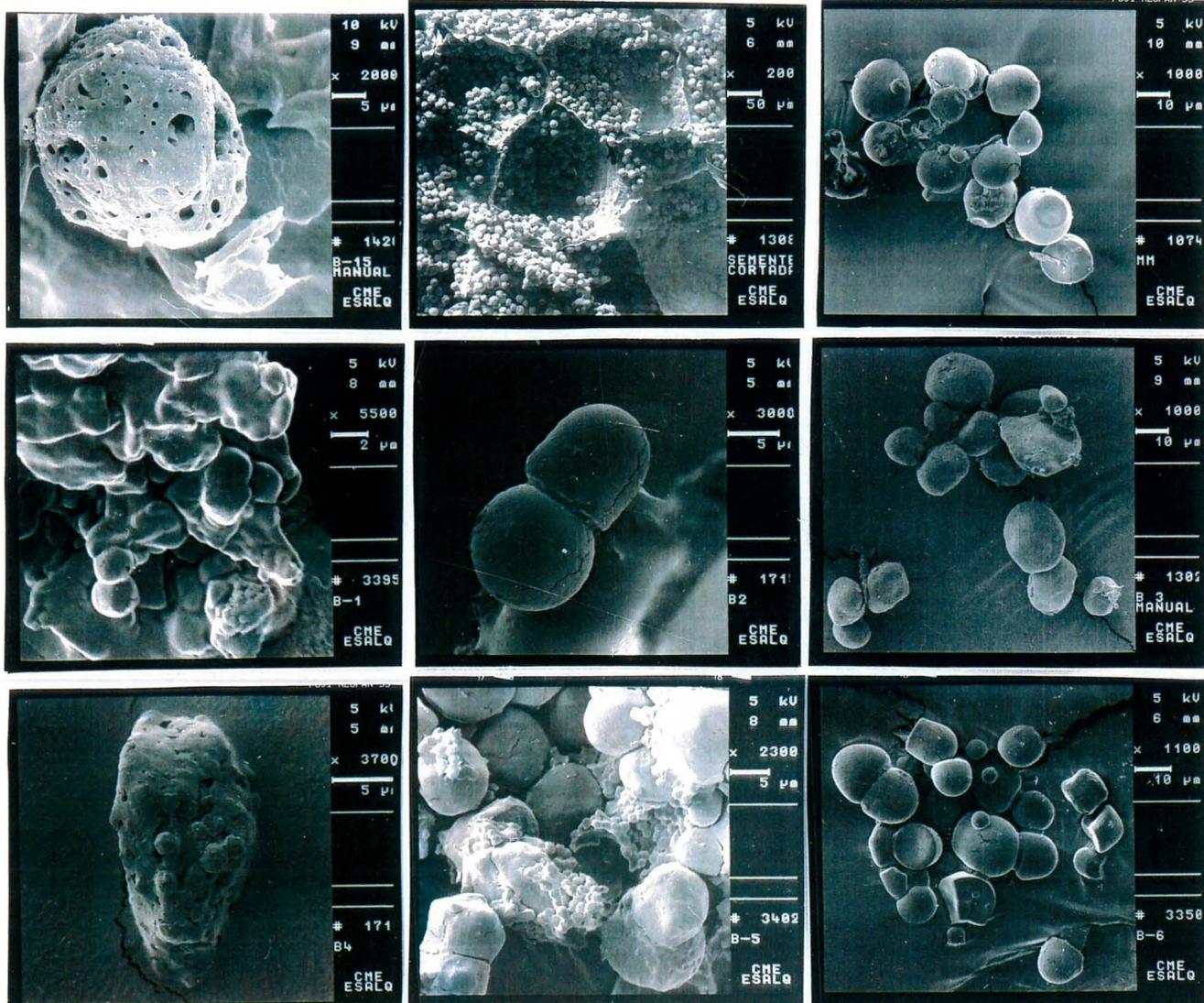


Figura 18. A- Grão de amido em decomposição; B- Semente de milho cortada longitudinalmente, mostrando as células com grãos de amido armazenados; C, E, F, I- Grãos de amido simples; C- amostra de amido de mandioca; em E existe um grão de amido arredondado e um mitriforme; D- Grãos de amido em início de formação; G- aglomerado de grãos (compostos); H- Grãos de amido grandes juntamente com pequenos.

A	B	C
D	E	F
G	H	I



Figura 18. K, P, R, S- Grãos de amido soltos. Em P exemplo de grãos cupuliforme; L, M, T- Massa de grãos de amido; N, Q- Grãos grandes e pequenos juntos, em N grão poligonal cúbico; O- Aglomerado de grãos pequenos; U- Dois grãos grandes com marca de grãos pequenos em sua superfície, note que no grão superior ainda existe um grão pequeno aderido; V- Amostra com grão de amido mais alongado.

(continuação)

K	L	M
N	O	P
Q	R	S
T	U	V

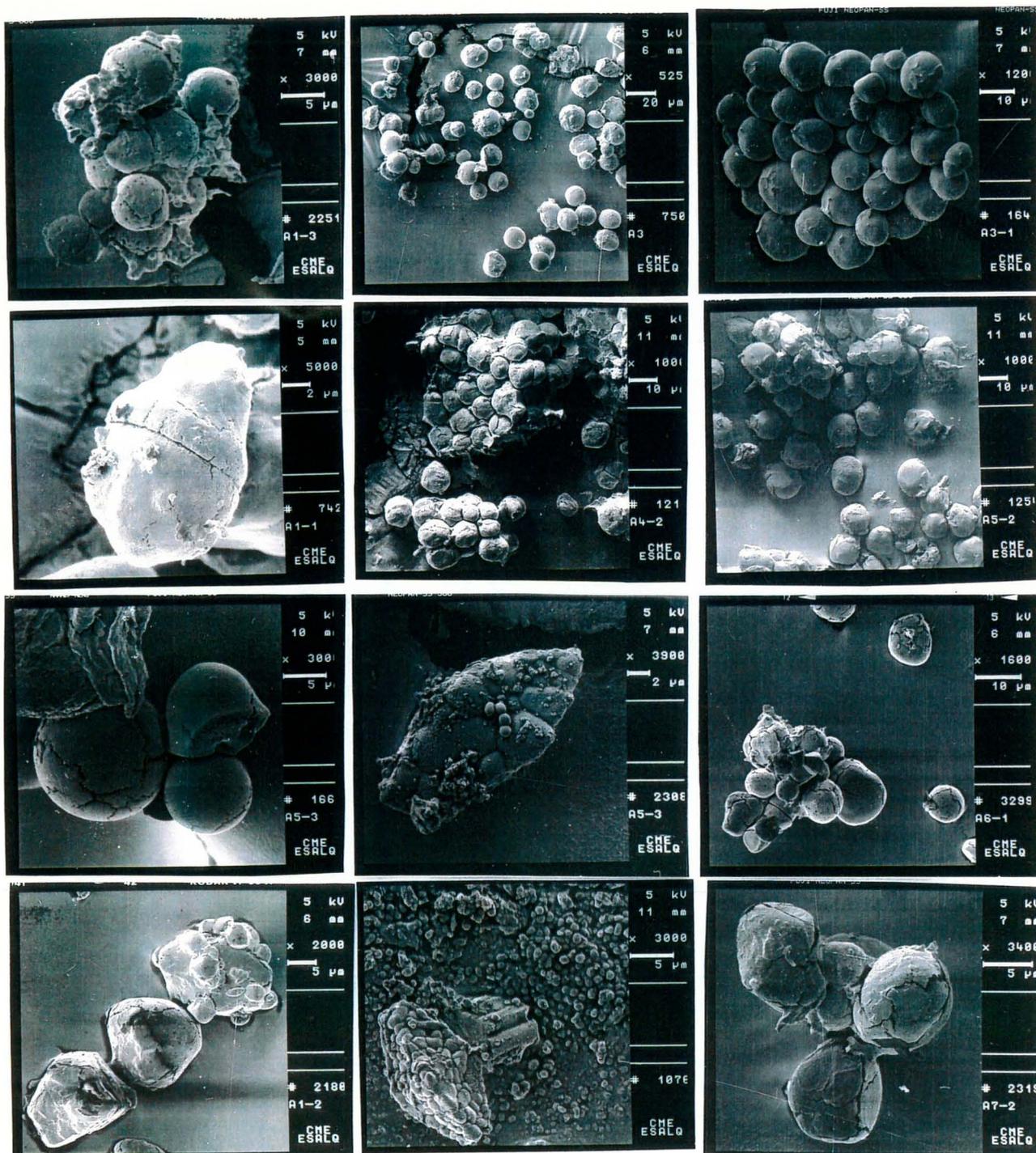


Figura 18. i a xii- Grãos de amido do material arqueológico; i, vii, ix, xii- Grãos de amido com alguns apresentando a superfície trincada, provavelmente devido ao tempo; iv- Grãos de amido cupuliforme; viii, xi- Aglomerado de grãos, com incrustações de calcita (CaCO_3), sendo que em xi existem grãos muito pequenos espalhados, como se outro aglomerado estivesse se desmanchado; x- Dois grãos simples e outro aglomerado de grãos pequenos.

i	ii	iii
iv	v	vi
vii	viii	ix
x	xi	xii

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1- Idade do Material:

Os primeiros dados obtidos foram em relação à idade de parte do material arqueológico que estávamos trabalhando, os quais se encontram na Tabela 5, a seguir.

Tabela 5. Idade dos silos obtido através de datação por C_{14} em amostras de carvão e coquinho Guariroba.

amostra datada	local	silos	idade estimada*
carvão	Boquete/92	silos 4, S-4, N-19	730 ± 120 anos
carvão	Boquete/93	silos 4, S-4, M-19	2420 ± 70 anos
coquinho	Boquete/92	silos 4, S-4, N-19	570 ± 60 anos
coquinho	Boquete/2	silos 4, fase 9	860 ± 60 anos
coquinho	Boquete/2	silos 1, S-2	960 ± 60 anos
coquinho	Boquete/93	silos 4, S-4, M-19	1010 ± 80 anos

* idade estimada tendo o ano de 1950 como origem.

Como explicamos anteriormente, a datação foi feita com fragmentos de carvão e coquinho guariroba (Fig. 10), pois eram abundantes e, como estavam juntos no silo com o milho e mandioca, a idade à eles determinada foi a mesma creditada a esses materiais.

A primeira conclusão que podemos tirar é que estas amostras são as mais antigas já datadas no Brasil de forma definitiva, mostrando a importância do material e do sítio arqueológico onde foi encontrado.

Observando a Tabela 5, pode-se perceber que dois silos foram datados tanto por carvão como pelo coquinho e, enquanto num deles (Boquete/92), as idades obtidas pelos dois materiais se sobrepõe devido a amplitude de variação da

obtidas pelos dois materiais se sobrepõe devido a amplitude de variação da determinação, o mesmo não acontece para a segunda amostra (Boquete/93), onde as idades não coincidem.

Segundo Prous (comunicação pessoal), a idade mais confiável é a obtida com o uso do coquinho já que o carvão pode ser uma contaminação ocorrida no momento em que estas pessoas abriam o buraco no chão para enterrar o silo e, deste modo um fragmento de carvão de uma camada mais antiga pode ter se misturado ao silo.

Por estas datações pode-se dizer que as populações desta região já plantavam milho há pelo menos 1000 anos atrás e continuaram este processo nos 500 anos seguintes. Entretanto, como há evidências de utilização destes abrigos desde 11.000 anos atrás e o número de silos datados é apenas uma pequena amostra do que existe, há uma boa possibilidade deste milho ter chegado nesta região antes de 1000 anos, principalmente devido à diversidade de raças que já existia neste período, fato este determinado pela análise do amido de algumas sementes deste silo, o que é melhor explicado à frente, e pelas duas espigas intactas deste mesmo silo (Fig. 8). A diferença de cor entre elas, sem indicação de segregação dentro da espiga, sugere que os habitantes deste local possuíam mais de um campo de plantio ou plantavam em épocas diferentes, impedindo deste modo o cruzamento entre elas, pois se isto ocorresse, resultaria em espigas com segregação, ou seja, com mais de uma cor de semente em uma mesma espiga.

Este fato sugere que o milho já possuía importância dentro da cultura destes povos e, assim, o contacto deles com o milho deve ter ocorrido antes deste período específico, como sugerem Prous (1986) e Bird, et al (1991), os quais acreditam que o milho já se encontrava nesta região há 4.000 anos, fato este baseado no nível sedimentar em que estes restos se encontravam, necessitando ainda de uma datação mais direta para comprovar este fato.

Com relação à natureza dos silos, uma hipótese é a de que estes eram, na verdade, parte de rituais religiosos e não objetos de armazenagem para posterior consumo, visto a grande quantidade de silos desenterrados aparentemente sem sinais de que tenham sido em algum momento utilizados após a sua armazenagem. Uma observação que reforça esta hipótese é de que parte deste material parece ter sido

utilizado antes de ser estocado, como demonstra um fragmento de mandioca onde se vêem sinais de que foi ralado (Fig. 9) e todos os fragmentos de coquinho que indicam que foram quebrados para provável utilização de sua amêndoa e somente a casca quebrada é que foi depositada no “silo” (Fig. 10).

5.2- Análise das Espigas:

Em relação ao material analisado, existem espigas inteiras e fragmentos destas, com e sem sementes, com brácteas e aleurona ou sem, além de algumas possuírem fragmentos de palha (Figs. 8, 11 a 16 e Tabela 6).

Em relação às espigas, pode-se dizer que existem 3 espigas completas, com as sementes ainda aderidas ao sabugo, sendo que parte da palha ainda recobre uma delas, (Figs. 8 e 11).

Nas outras espigas tem-se praticamente o sabugo, ao qual em alguns casos ainda encontram-se aderidos poucas sementes, com algumas tendo o aspecto de estar um pouco murchas, ressecadas, sendo que a maioria dos sabugos encontra-se sem sementes.

Na Tabela 6 existe uma relação do material dividido em espigas inteiras ou fragmentos, sendo este último subdividido em fragmento apical, basal ou mediano.

Nas Figs. 12 a 17 têm-se uma visão geral destes sabugos e de algumas sementes.

Tabela 6. Material arqueológico analisado, as siglas adotadas e a quantidade de material existente separados por classes referentes à posição na espiga.

Sítios Arqueológicos	Silos analisados	Espigas medidas	Inteiras	Fragmento Basal	Fragmento Apical	Fragmento Mediano
Lapa da Hora	A	39	1	12	12	14
	J	22	1	12	5	4
	K	25	0	8	3	14
Boquete	B	108	20	29	23	43
	D	23	5	2	4	12
	E	6	3	3	0	0
	F	1	0	0	0	1
	I	7	0	3	3	1
total	10 silos	233				

Muitos dos sabugos contêm brácteas ao redor do local onde a semente estava inserida, sendo que muitas delas ainda conseguimos perceber a cor, a qual varia entre alaranjado claro, marrom-alaranjado, marrom-avermelhado ou arroxeadado. Em alguns sabugos encontra-se além das brácteas parte da aleurona da semente (Figs. 12 a 14), ou seja, da própria película que a recobria, também possuindo as cores descritas acima.

Nestes sabugos onde a aleurona ainda se faz presente, é como se a parte interna da semente tivesse se decomposta, restando apenas a “casca” desta. Entretanto, como nos mesmos silos no qual se encontram estes sabugos encontram-se também sementes intáctas, pode-se aventar a hipótese de que estas espigas podem ter sido raladas para se extrair o amido para fazer bebidas ou mesmo no preparo de comidas. Deste modo o sabugo assumiria a aparência igual a de muitos que se encontraram nos silos, sugerindo mais uma vez o uso dos silos como oferenda religiosa e não como um método de armazenagem de comida para posterior consumo.

Encontram-se desde espigas pequenas até algumas bem grandes, sendo a mesma variação encontrada quanto a largura da espiga, a qual reflete o número de fileiras. Na Fig. 12 percebe-se a diferença entre as duas espigas da esquerda, as quais

são praticamente do mesmo comprimento, entretanto uma é muito fina, enquanto a outra é mais larga, com o aspecto semelhante às espigas atuais.

Na Fig. 16 existem 4 fragmentos apicais, sendo que em três deles é possível perceber que a medida que se aproxima do ápice da espiga, existe uma tendência em aumentar a separação entre os locais onde as sementes se inserem, ficando espaços. Além disso o número de fileiras reduz-se para apenas duas, opostas alternadas. Estas características são típicas de milho primitivo, onde visualizamos qual deveria ser o aspecto das primeiras raças em início de domesticação. Em alguns casos, nesta porção apical poderia existir inclusive flores masculinas, como acontece em algumas raças primitivas.

Em algumas das espigas com palha percebe-se que esta foi esgarçada, virada para trás, deixando a espiga exposta (Fig. 14), enquanto a palha, em alguns casos, era usada para fazer um feixe onde diversas espigas ficavam amarradas entre si.

Em termos de número de fileiras de grãos por espiga, observou-se que varia de 6 a 18 fileiras, mostrando a diversidade mesmo dentro de um único silo.

Ainda em relação às fileiras, pode-se perceber que para a maioria das espigas a posição da loja das sementes, ou seja, onde estas estavam inseridas, segue ao longo da espiga um desenho em espiral da base ao ápice da espiga, como uma escada em espiral. Na maioria das espigas esta espiral tem o sentido de rotação da direita para a esquerda, entretanto em algumas destas, esta rotação é no sentido inverso e, mais raramente ainda, algumas possuem os dois sentidos de rotação, que variam ao longo da espiga. Esta construção em espiral é típica da raça Entrelaçado (Brieger et al, 1958), que é uma raça muito antiga, sendo que a característica do entrelaçamento dos grãos deve existir desde o início da domesticação do milho. Na Fig. 15, a 1^a e 3^a espigas da direita para a esquerda possuem sentido de rotação para a esquerda, enquanto na 2^a o sentido é para a direita.

Ainda em termos de fileiras, algumas espigas possuem suas fileiras “misturadas”, entrelaçadas, enquanto em outras estas são muito bem definidas, características estas típicas de raças diferentes. Mais uma vez tem-se indícios de que as populações desta região plantavam diversas raças, mostrado através da grande diversidade das espigas.

Através das medidas obtidas nos diversos fragmentos e espigas inteiras, descritas anteriormente, fizemos uma análise estatística utilizando o delineamento de blocos ao acaso, onde cada silo representou um tratamento. Os silos que possuíam apenas um exemplar de espiga foram descartados, a fim de que fosse possível este tipo de análise devido a necessidade de repetições dentro de cada tratamento.

Nas Tabelas 7 a 10 se encontra o resultado das análises de variância para os diversos caracteres das espigas inteiras e fragmentadas, analisadas dos diferentes silos dos sítios arqueológicos do Boquete e Lapa d'Hora.

Tabela 7. Resumo da análise de variância para os caracteres Comprimento (C), Diâmetro Basal (DB), Diâmetro Apical (DA), Diâmetro Maior (DM), N° de Fileiras (NF), N° de Grãos / Fileiras (NGF) e N° de Grãos / Fileiras/ Comprimento (NGFC), de espigas inteiras, realizada entre os silos B, D e E, do sítio arqueológico do Boquete.

FV	QM						
	C	DB	DA	DM	NF	NGF	NGFC
Silos	6009.7**	148.63**	37.8**	267.43**	113.73**	308.54**	20.01**
Resíduo	899.23	8.34	5.96	11.25	8.9	55.05	0.22
CV	38.29	28.92	46.86	23.3	27.63	41.97	10.2

**Significativo a 2,5% pelo teste F

Tabela 8. Resumo da análise de variância para os caracteres Comprimento (C), Diâmetro Basal (DB), Diâmetro Apical (DA), Diâmetro Maior (DM), N° de Fileiras (NF), N° de Grãos / Fileiras (NGF) e N° de Grãos / Fileiras/ Comprimento (NGFC), de fragmentos apicais, realizada entre os silos A, B, D, I, J e K, do sítio arqueológico do Boquete.

FV	QM						
	C	DB	DA	DM	NF	NGF	NGFC
Silos	1949.32**	60.91**	20.41**	73.13**	58.14**	87.85**	9.26**
Resíduo	299.29	9.82	4.42	10.31	4.3	21.27	0.63
CV	34.71	25.75	42.24	24.72	20.1	40.94	17.52

**Significativo a 2,5% pelo teste F

Tabela 9. Resumo da análise de variância para os caracteres Comprimento (C), Diâmetro Basal (DB), Diâmetro Apical (DA), Diâmetro Maior (DM), N° de Fileiras (NF), N° de Grãos / Fileiras (NGF) e N° de Grãos / Fileiras/ Comprimento (NGFC), de fragmentos médios, realizada entre os silos A, B, D, J e K, do sítio arqueológico do Boquete.

FV	QM						
	C	DB	DA	DM	NF	NGF	NGFC
Silos	2309.2**	97.83**	69.11**	104.52**	69.94**	106.78**	15.27**
Resíduo	349.01	7.12	7.93	6.24	4.36	25.19	0.8
CV	34.33	20.18	25.84	17.87	19.06	43.37	18.1

**Significativo a 2,5% pelo teste F

Tabela 10. Resumo da análise de variância para os caracteres Comprimento (C), Diâmetro Basal (DB), Diâmetro Apical (DA), Diâmetro Maior (DM), N° de Fileiras (NF), N° de Grãos / Fileiras (NGF) e N° de Grãos / Fileiras/ Comprimento (NGFC), de fragmentos basais, realizada entre os silos A, B, D, E, I, J e K, do sítio arqueológico do Boquete.

FV	QM						
	C	DB	DA	DM	NF	NGF	NGFC
Silos	648.17ns	13.37ns	17.85ns	28.53ns	7.55ns	33.93ns	1.82ns
Resíduo	846.27	11.04	12.2	10.64	6.25	54.01	2.19
CV	40.21	26.58	29.1	20.01	20.51	49.33	28.58

NS - não significativos

Com relação à análise de variância das espigas inteiras (Tabela 7), podemos observar que para todos os caracteres medidos, houve diferenças altamente significativas entre os silos, tanto entre os sítios do Boquete e Lapa d'Hora como dentro destes e, em termos de coeficiente de variação, diâmetro apical foi o caráter com maior valor, enquanto n° de grãos/ fileira/ comprimento foi o que apresentou o menor valor.

Para os fragmentos apicais (Tabela 8), ocorreu também diferenças altamente significativas para todos os caracteres entre os silos e, novamente o maior coeficiente de variação foi do diâmetro apical e o menor do n° de grãos/ fileira/ comprimento.

Em relação aos fragmentos médios ou intermediários (Tabela9), observou-se novamente diferenças altamente significativas para todos os caracteres entre os silos e, o coeficiente de variação apresentou o maior valor para o nº de grãos/ fileira e o menor para o diâmetro maior.

Já os fragmentos basais (Tabela 10), não ocorreu diferença significativa.

Comparando os coeficientes de variação, verifica-se que o padrão das espigas inteiras e dos fragmentos apicais são muito parecidos, enquanto o mesmo acontece em relação aos fragmentos médios e basais.

Estes resultados indicam que há uma variação morfológica significativa das espigas entre os silos, ou seja, os habitantes desta região plantavam diversas raças de milho, tanto em um mesmo período como ao longo do tempo que estas amostras abrangem.

No geral, algumas características variaram muito mais que outras, como é o caso do número de grãos/ fileira. Em contraste, número de grãos/ fileira/ comprimento é a que menos variou.

Esta comparação é interessante porque quando juntamos estes dados com as idades dos materiais, vemos que houve uma tendência de o número de grãos/ fileira/ comprimento se manter constante ao longo do tempo, enquanto o número de grãos/ fileira variou e a tendência foi de um aumento desta relação com o tempo. O aumento desta relação e, ao mesmo tempo uma certa estabilidade na outra, significa que evolutivamente, o tamanho da espiga foi aumentando com o tempo, permitindo deste modo um aumento da quantidade de semente também, mas sem que esta semente sofresse uma variação muito grande em seu tamanho.

5.3- Análise do Amido:

Em relação ao amido, as análises em microscópio ótico comum e de luz polarizada mostraram que o mesmo não sofreu danos em sua estrutura devido a ação do tempo (Fig 18). Os grãos não estavam deformados e a sua estrutura cristalina estava intacta, fato mostrado pelo microscópio de luz polarizada.

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 9). 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.

Em relação ao fragmento de mandioca (Fig.9), existia a dúvida se o mesmo era realmente mandioca ou algum outro tipo de tubérculo. Através do padrão morfológico dos grãos de amido (Rosenthal et al, 1972), confirma-se que se tratava realmente de mandioca e sua idade foi datada em 860 ± 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 (Fig. 19), característicos de grãos de amido de mandioca.

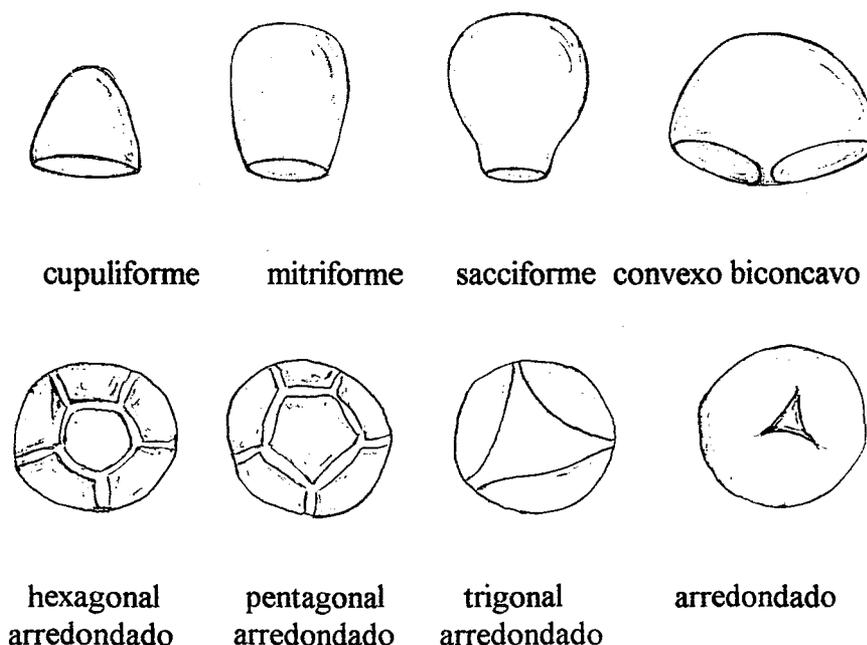


Figura 19. Algumas padrões de formas de grãos de amido. (Adaptado de Rosenthal et al, 1972).

No caso dos grãos de amido de milho, como possuíamos uma amostra muito maior de material, pode-se fazer um estudo mais abrangente, caracterizando-o morfológicamente e podendo compará-lo estatisticamente.

Na Tabela 11 é apresentada a amplitude de variação de tamanho dos grãos de amido de milho e suas médias, tanto do arqueológico como do banco de germoplasma. Neste caso já pode-se notar que existe uma grande variação de tamanho médio dos grãos e sua amplitude, demonstrando a grande variabilidade deste material.

5.3.1 - Padrões de variação dos grãos de amido das raças indígenas e etnoveriedades.

Juntamente com a Tabela 11, as Figuras de 20 a 23 fornecem uma visão melhor da distribuição de cada amostra de 300 grãos de amido de cada acesso estudado. Nestas figuras os gráficos mostram a dispersão dos grãos por tamanho.

Nestes gráficos pode-se observar os padrões de distribuição de tamanho de grãos de amido, que podem ser relacionados a uma raça de milho específica. Por exemplo, as raças Cateto e Cristal nitidamente possuem distribuição predominante de grãos pequenos, com uma curva exponencial que decresce rapidamente com o aumento do tamanho dos grãos.

Já na raça Entrelaçado, seu padrão tende a seguir uma curva normal, com a maior parte dos grãos sendo médios. Esta tendência ainda é seguida por alguns acessos das raças Moriti e Caingang, entretanto estas duas últimas também possuem representantes com padrões parecidos com o do Cateto e Cristal. Isto é interessante pois sugere que existe uma variabilidade maior nas raças Moroti e Caingang, em comparação com as raças Cateto e Cristal.

Alguns acessos ainda, têm a tendência de possuir dois picos, como é o caso do Complexo Guarani e Moriti, onde um dos picos corresponde aos grãos pequenos e o outro aos grãos médios-grandes.

Conseqüentemente, 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.

A partir dos dados coletados dos grãos de amido, explicados anteriormente, fez-se uma análise de variância, cujo resultados esta na Tabela 12.

Tabela 12. Resumo da análise de variância para os caracteres comprimento maior (CM), comprimento ortogonal (CO) e razão entre estas duas medidas (RZ) dos grãos de amido das raças indígenas e etnovariedades.

Fonte de variação	QM		
	CM	CO	RZ
Acessos	714,65**	1356,44**	0,58**
Resíduo	26,51	18,32	0,03
Média	8,04	7,27	1,09
CV (%)	64,00	59,00	16,00

** significativo ao nível de 2,5% pelo teste F

Através da análise de variância pode-se ver que os acessos diferem entre si com relação ao tamanho e forma do grão de amido e, como o coeficiente de variação mostra, existe uma grande variação de tamanho em torno da média, indicando a existência de materias muito diversos.

Por outro lado, o teste de Tukey, o qual é apresentado nas Tabelas 14 a 18, mostra que é possível separar as raças através da morfologia dos grãos de amido.

Neste caso, já começamos as análises sabendo que tínhamos diferentes raças de milho no material a ser analisado, todas identificadas por diferentes pesquisadores através de diversos critérios morfológicos da planta e espiga (Brieger *et al*, 1958; Paterniani & Goodman, 1977).

No teste de Tukey a média das amostras são agrupadas por ordem decrescente, média esta obtida da mensuração dos 300 grãos de amido de cada acesso. Observando-se esta ordem, pode-se ver claramente que existe uma tendência para que os diferentes acessos de uma mesma raça se agrupem.

Na Tabela 14, referente ao comprimento maior, vemos que a raça Entrelaçado está isolada com a maior média, fato este repetido para o comprimento ortogonal (Tabela 15). A raça Caingang possui dois acessos com as médias elevadas e um terceiro na faixa intermediária.

Já a raça Moroti esta bem concentrada no grupo intermediário de médias, mas possui dois representantes com médias superiores. As raças Cateto e Cristal estão no grupo intermediário-inferior e inferior, com apenas um acesso da primeira raça no grupo intermediário superior. O Complexo Guaraní e Pontinha São Simão se encontram no grupo intermediário e intermediário superior.

Isto demonstra duas coisas: a primeira é que as raças possuem diferentes padrões de grãos de amido que podem ser separados morfologicamente e, a segunda é que existe uma variação deste padrão dentro de cada raça.

Como o número de acessos analisados não representa a totalidade de variação dentro de cada raça e entre as diferentes raças do milho, uma continuação desta linha de pesquisa deveria ser feita para caracterizar plenamente a morfologia dos grãos de amido das raças de milho.

Podemos observar, ainda, que a diferença entre a maior e a menor média para o comprimento maior foi de 3,6 vezes, ou seja, o acesso com a maior média possui os grãos, em média, 3,6 vezes maior do que os grãos do acesso de menor média.

Em relação à razão entre as duas medidas, com a qual se procurou caracterizar a forma do grão de amido, ou seja, se ele era mais arredondado ou mais ovalado, pode-se constatar que também neste caso ocorreu uma tendência de as raças se agruparem porém com uma mistura um pouco maior. Por exemplo, na raça Moroti, que aparece em diversos níveis da escala ou, mais claramente na raça Cristal onde um acesso aparece no topo da escala e o outro é o penúltimo, mesmo não havendo grande

variação no tamanho dos grãos, ocorre grande variação quanto a forma, um com forma bem arredondada e outro mais ovalada.

5.3.2 - Padrões de variação dos grãos de amido de milho do material arqueológico.

Com relação aos padrões observados no material arqueológico de milho (Figuras 22 e 23 e Tabela 9), vê-se primeiramente que ocorrem os mesmos três observados nas raças indígenas e etnovarietades. Na maioria dos casos, dentro de um mesmo silo encontramos os três padrões, sugerindo novamente que as populações do Vale do Peruaçu, na região de Januária, cultivavam diferentes raças em um mesmo período de tempo.

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 podem ser feitas.

Através dos gráficos de distribuição do “comprimento maior”, pode-se perceber que as amostras A1-1; A3 e A5 possuem um padrão muito similar ao apresentado pela raça Entrelaçado (B3) do Banco de Germoplasma, no qual a curva de distribuição tende a seguir uma curva normal, com o pico desta se encontrando por volta de 15 micrometros e sua amplitude entre 5 e 25 micrometros.

Seguindo esta linha de comparação, as amostras A4; A6-1 e A7-2, assemelham-se à raça Caigang, representadas pelas amostras B17 e B19, mas podendo ser comparadas ainda com a raça Entrelaçado também, pois, dependendo da amostra, o padrão é semelhante nestas duas raças.

Já as amostras A4-3; A5-3 e A6-2 seguem mais ao padrão apresentado pelas raças Cateto e Cristal, onde a maior quantidade dos valores se concentra nos grãos menores, ocorrendo ai grandes picos de frequência, os quais caem rapidamente com o aumento do tamanho dos grãos.

A amostra A7 pode ser comparada com a raça Caigang (B18) ou Moroti (B21), as quais possuem um pico elevado de grãos pequenos e uma segunda elevação menor, mas com base mais larga, ou seja mais ampla, de grãos médios.

Para a raça Pontinha São Simão, as amostras A1-3 e A4-2 possuem certa correlação devido a amplitude do tamanho dos grãos e a tendência deste seguir uma curva exponencial negativa mais suave, onde a queda na frequência dos dados com o aumento do tamanho após o pico não é tão abrupto quanto ao apresentado pelas raças Cateto e Cristal.

A amostra A3-1 é comparável com às amostras B5; B7 e B10, da raça Moroti e também pode se assemelhar à raça Complexo Guarani, pois o padrão destas amostras possui a tendência do segundo pico (grãos médios e grandes) ser maior do que o primeiro (grãos pequenos).

Já para as amostras A2 e A5-2, os padrões encontrados no material do Banco de Germoplasma diferenciam-se aos apresentados por estas duas, sugerindo que devem ser raças com padrões diferentes das examinadas, mostrando a variabilidade existente neste material.

Examinando, agora, os padrões pelo “comprimento ortogonal” percebemos que a maioria das comparações anteriores se confirma, como é o caso das amostras A1-1; A3; A4-1; A5-1; A6-1; A7-1; A1-2; A6-2; A4-3 e A3-1. Entretanto, algumas diferenças podem ser percebidas, como é o caso da amostra A7 que havia sido comparada com a raça Caigang (B18) ou Moroti (B21), no comprimento maior. Já para o comprimento ortogonal, seu padrão se assemelha mais às amostras B 5; B 6 e B 21, que pertencem à raça Moroti, sugerindo, por esta medida, que não pertence à raça Caigang, ou talvez que seja uma mistura destas raças.

Já a amostra A4-2 que se assemelha à Pontinha São Simão no comprimento maior, para o comprimento ortogonal se assemelha mais à raça Moroti (B 21).

As amostras A2 e A5-2, as quais não foram correlacionadas com nenhum padrão das raças do Banco de Germoplasma com relação ao comprimento maior, com relação ao comprimento ortogonal, pode-se observar que a amostra A2 apresenta similaridade com a amostra B 12 (Pontinha São Simão) e, a amostra A5-2 com a B 21 (Moroti).

Outra amostra que se diferencia nas duas medida é a A1-3, semelhante à Pontinha São Simão com relação ao comprimento maior, porém mais próxima à raça Cateto com relação ao comprimento ortogonal.

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 decedentes 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, como à recombinação entre diferentes materiais, podendo e, provavelmente tendo formado raças semelhantes, mas não iguais as do passado.

As informações que estes gráficos 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 comparado 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, com 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 de anos.

Em relação à forma dos grãos de amido de milho, tanto arqueológico como dos acessos do banco de germoplasma, aparecem nas amostras (Figura 18) grãos arredondados e ovais em sua maioria, aparecendo ainda grãos cupuliformes, mitriformes, sacciformes, convexo biconcavos e poligonais (Fig. 19). Além destas formas, nas amostras arqueológicas, aparecem alguns aglomerados de grãos pequenos, como se fossem compostos (Fig. 18, foto viii e xi). Segundo a literatura (Whistler & Turner, 1955), o milho não possui grãos de amido compostos. Somente

Yassui (1949) relata o que ele acredita ser grãos de amido de milho compostos em início de formação.

Estudando a energia de raio X emitida por este aglomerado, no microscópio eletrônico, constatou-se que além de amido, estava presente na estrutura também calcita (CaCO_3). Como a semente de milho é pobre em Ca, dificilmente este poderia ser formado durante a própria gênese da semente. A calcita é altamente solúvel em água e, como os silos estavam enterrados sob abrigos calcáreos, ricos em calcita, acreditamos que esta calcita dentro das sementes foi solubilizada do abrigo, penetrou na semente e cristalizou-se dentro desta, englobando grãos de amido no momento desta cristalização. Um exemplo deste aglomerado está ilustrado na Figura 18, na amostra A5-3, cujo número da foto é 2308.

A presença de calcita dentro destes materiais pode inclusive ajudar a explicar a boa conservação de todo este material orgânico, pois a calcita torna o meio básico, dificultando a decomposição do mesmo.

Tabela 13. Resumo da análise de variância para os caracteres comprimento maior (CM), comprimento ortogonal (CO) e razão entre estas duas medidas (RZ), dos grãos de amido do material arqueológico.

Fonte de variação	QM		
	CM	CO	RZ
Acessos	3719,62**	2693,00**	0,71**
Resíduo	20,49	15,28	0,04
Média	9,44	8,12	1,16
CV (%)	48,00	48,00	17,00

** significativo ao nível de 2,5% pelo teste F

As evidências iniciais obtidas neste trabalho indicavam que os habitantes dos abrigos no Vale do Peruaçu plantavam mais de uma raça de milho, o que é indicado pela cor das sementes (roxas e alaranjadas) encontradas, na maioria das vezes, em um mesmo silo, sendo, assim contemporâneas, além da variação de tamanho e morfologia das espigas. Duas espigas inteiras encontradas em um silo, que estão em exelente

estado de conservação (Fig. 8), com praticamente todas as sementes demonstram bem esta diferença de raças, sendo que uma possui todas as sementes de cor laranja e a outra roxa, sendo maiores e mais arredondadas em relação a primeira.

Isto é curioso porque pode estar sugerindo que eles plantavam as variedades separadamente, pois as espigas não possuem sementes com segregação de cores, ou seja, numa mesma espiga não encontramos sementes de diferentes cores, o que seria de se esperar para uma planta como o milho que é uma espécie alógama, havendo possibilidade de intercruzamento entre raças plantadas próximas. Como o grão de pólen do milho é muito grande em comparação com outras espécies e, como sua dispersão é pelo vento, este pólen não atinge longas distâncias.

A respeito do amido, podemos ver que a variação entre a maior e a menor média foi de 6,2, ou seja, quase o dobro da apresentada pelo padrão dos acessos do Banco de Germoplasma, sugerindo mais uma vez diversas raças e provavelmente bem diferentes entre si.

Podemos observar também que não existe uma tendência de agrupamento por silos, indicando que em cada época havia o plantio de diferentes raças e não apenas uma, fato hoje ainda encontrado em populações tradicionais.

Uma dúvida levantada é quanto a maturidade da semente na época em que foi colhida. A literatura demonstra que há uma certa variação do tamanho dos grãos com a maturidade da semente e, portanto, poder-se-ia aventar a hipótese de que a variação que encontramos viesse de uma colheita de sementes com grãos de maturação diferentes.

Para esta dúvida podemos fazer algumas considerações. Em populações tradicionais em ambientes tropicais, o que encontramos a respeito do uso e conservação do milho em muitos lugares é o seguinte: o produtor muitas vezes usa o milho verde ou deixa este milho no próprio pé, deixando-o secar e utilizando a própria planta como armazenador, somente colhendo no momento em que for realmente usar a espiga, pois é sabido que esta é a maneira mais fácil de armazenar esta espiga, inclusive contra o ataque de pragas. O milho assim conservado é geralmente menos suscetível às pragas do que se ele tivesse sido colhido e armazenado.

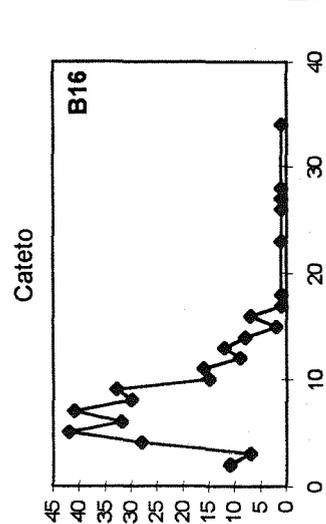
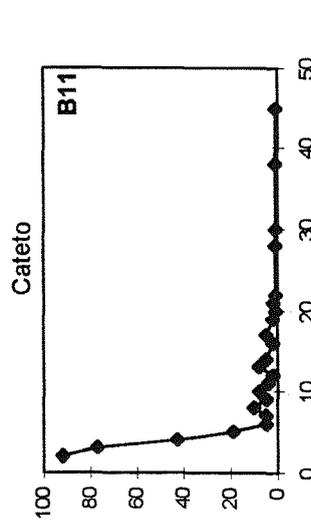
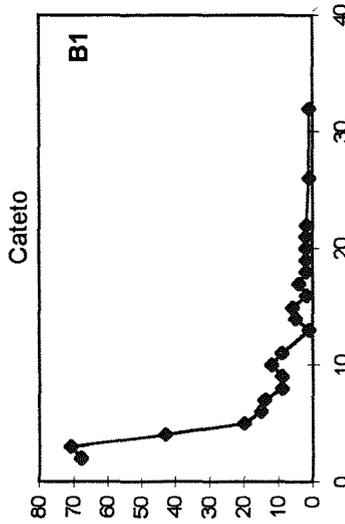
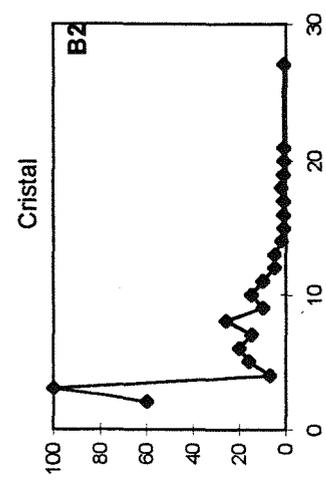
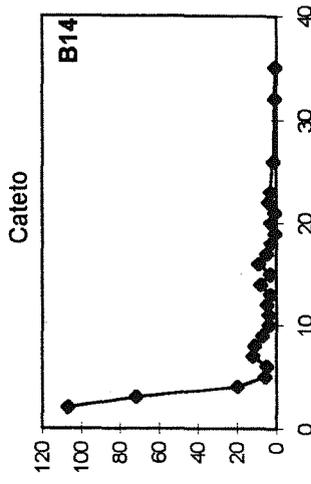
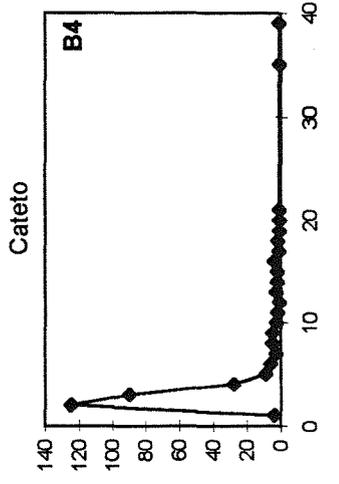
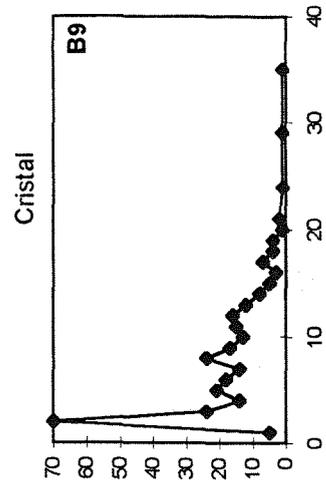
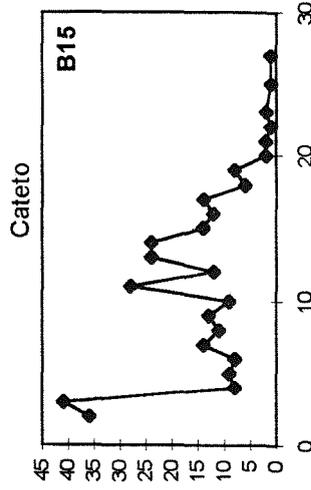
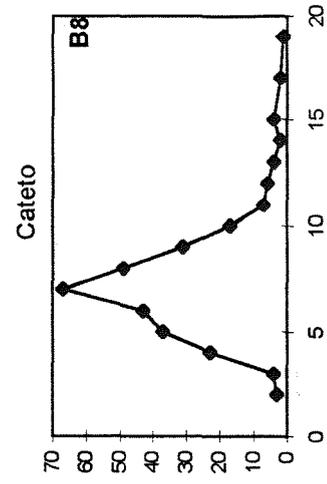
Observado este fato, podemos constatar que estamos diante de dois padrões potenciais de amido, um com os grãos ainda não totalmente formados e outro totalmente formados.

Em estudos sobre o desenvolvimento do grão de amido a partir do momento da polinização até o estágio de semente madura, caracterizando a morfologia do grão de amido em diferentes intervalos ao longo deste período, constatou-se que a maior diferença de médias dos grãos de amido entre a medida mais precoce e a mais tardia sempre girou em torno do dobro, ou seja, a maior média (grãos maduros) era apenas duas vezes maior do que a menor média (grãos imaturos) de um mesmo genótipo, com um intervalo entre as medidas que chegava a mais de 20 dias (Evans, 1941; Boyer *et al*, 1976; Boyer *et al*, 1977). Na maioria dos genótipos analisados, inclusive, esta diferença não alcançava nem 20 %, ou seja, a variação de médias que encontramos não pode ser explicada ou creditada a uma diferença de maturidade dos grãos de amido.

Outra característica que podemos destacar nas sementes do material arqueológico é que no geral elas eram bem duras, sendo que para retirarmos a amostra de amido deste material a dificuldade foi maior do que nos do Banco de Germoplasma, pois o primeiro material parecia estar bem mais compactado. Nós não sabemos explicar se este fato se deve às características das raças cujo endosperma pode ser duro ou amiláceo, mais macio ou se é devido ao tempo. Entretanto podemos dizer que algumas das amostras eram bem macias, parecidas com alguns materiais atuais. Como encontramos sementes bem duras também no material do Banco de Germoplasma, esta característica pode ser pertinente à própria raça.

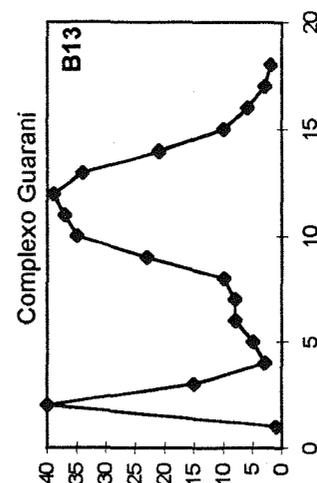
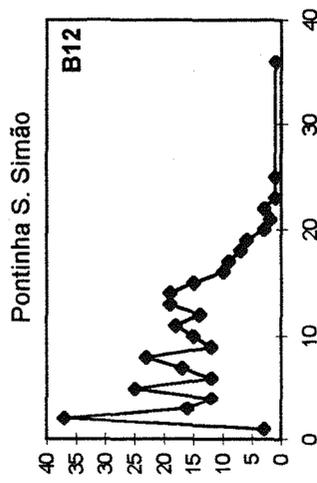
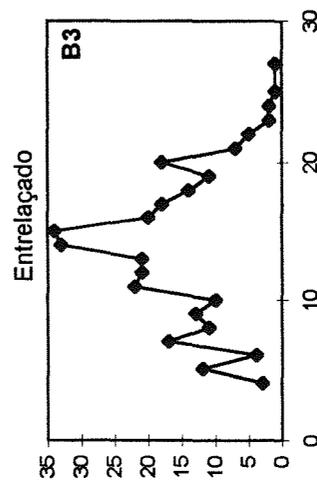
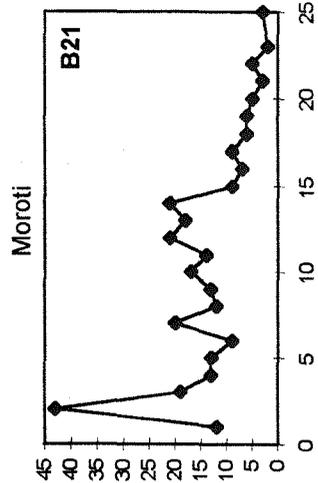
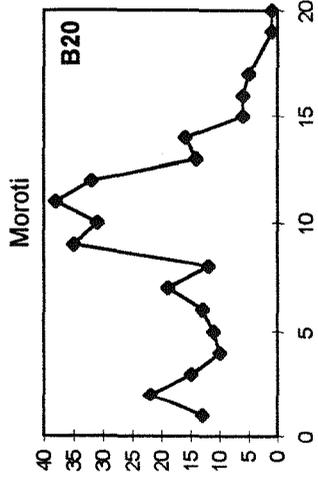
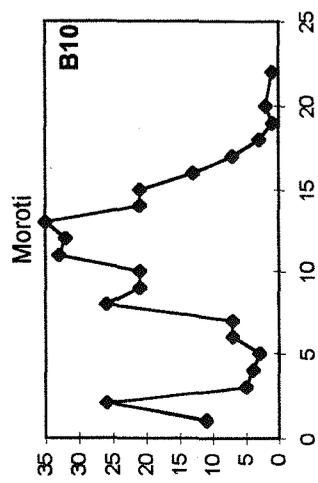
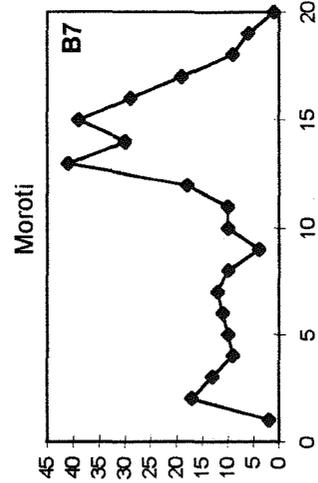
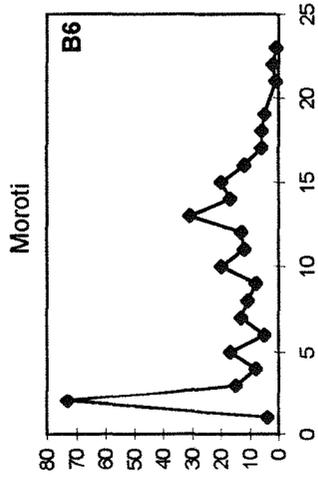
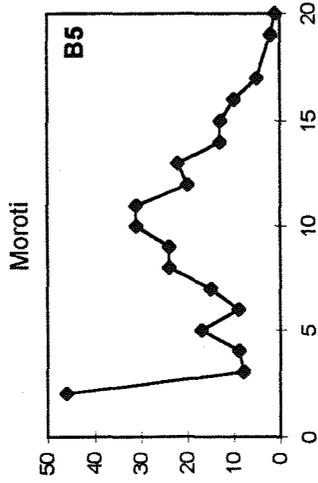
Figura 20 Gráfico de dispersão de por tamanho dos 300 grãos de amido de cada amostra analisada do Banco de Germoplasma - Comprimento maior.

Banco de Germoplasma - Comprimento Maior



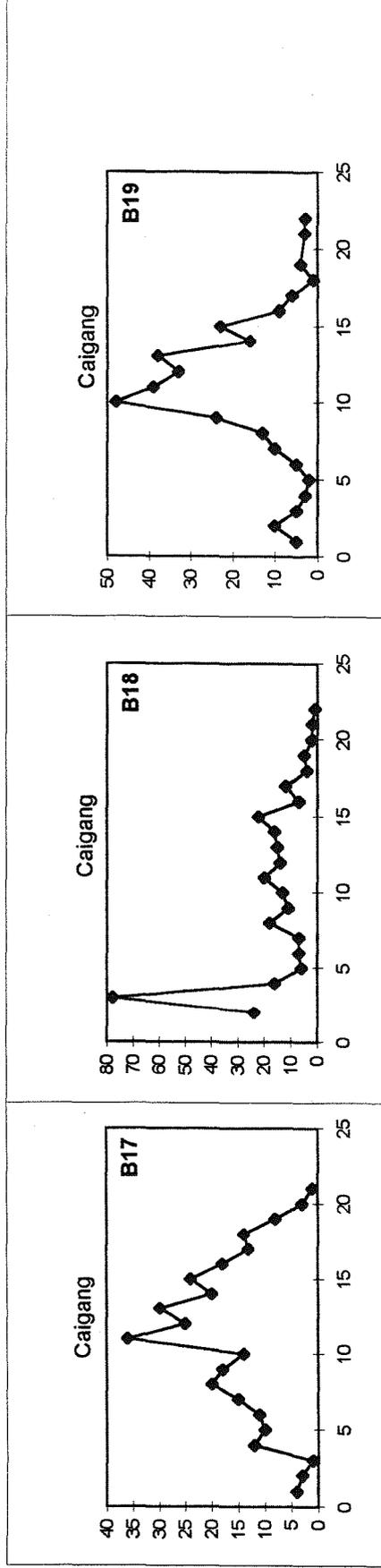
Eixo X - Tamanho dos Grãos de Amido em Micrometros.
Eixo Y - Quantidade de Grãos.

Banco de Germoplasma - Comprimento Maior



Eixo X - Tamanho dos Grãos de Amido em Micrometros.
Eixo Y - Quantidade de Grãos.

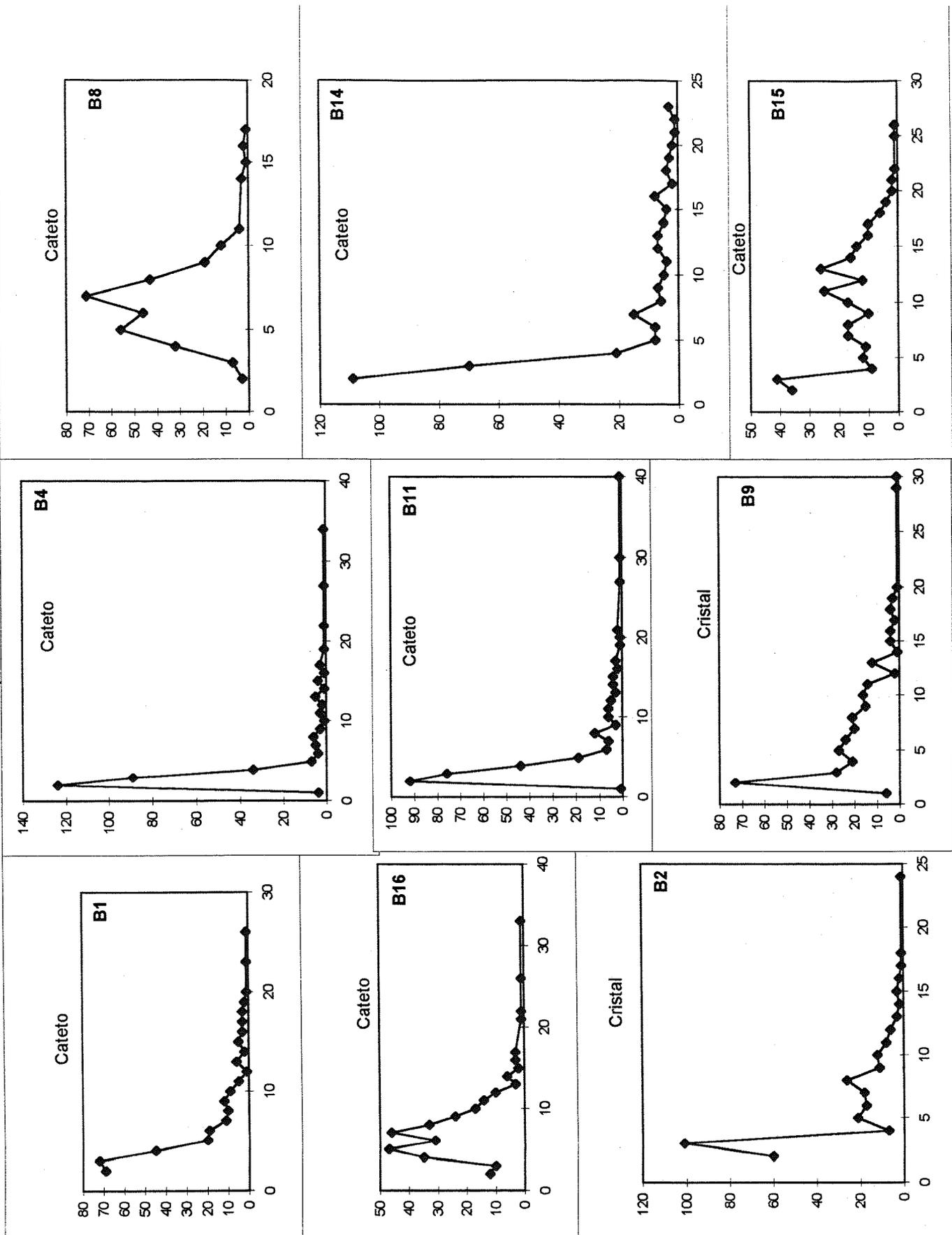
Banco de Germoplasma - Comprimento Maior



Eixo X - Tamanho dos Grãos de Amido em Micrometros.
Eixo Y - Quantidade de Grãos.

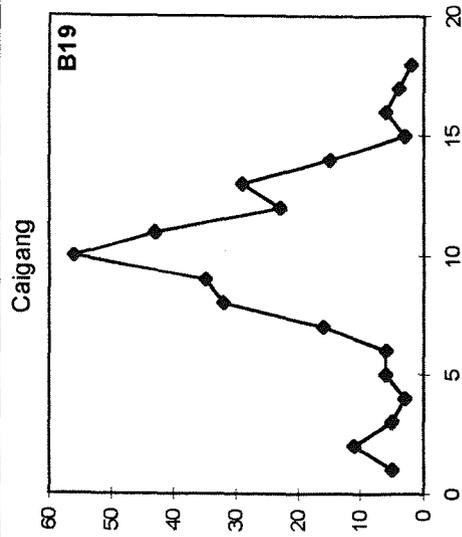
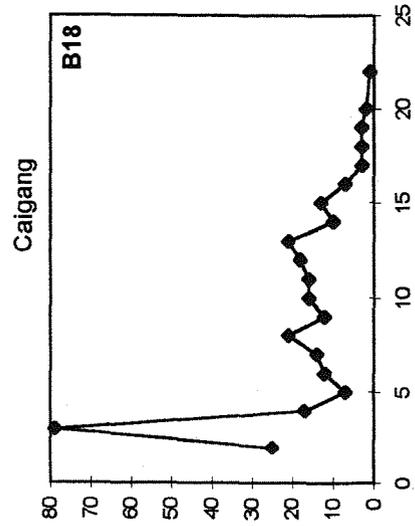
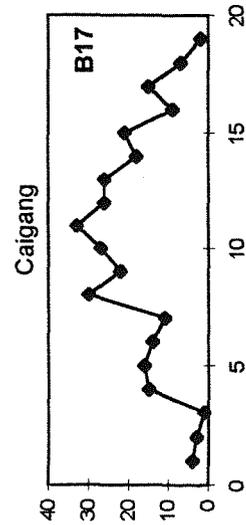
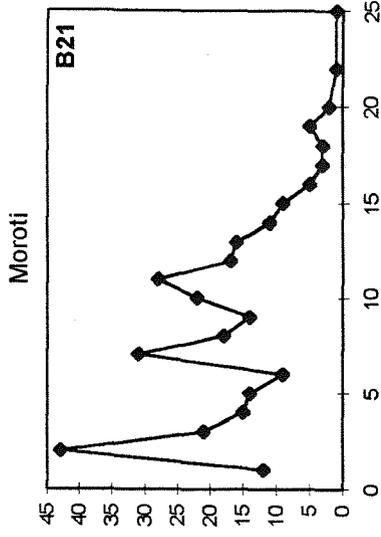
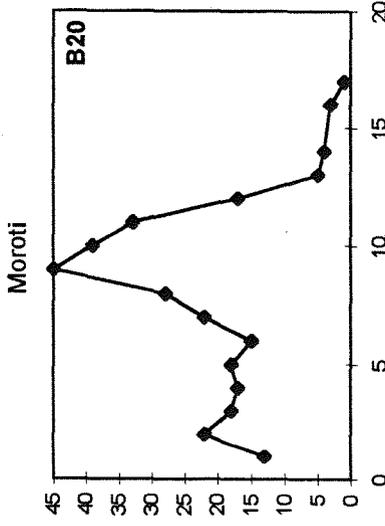
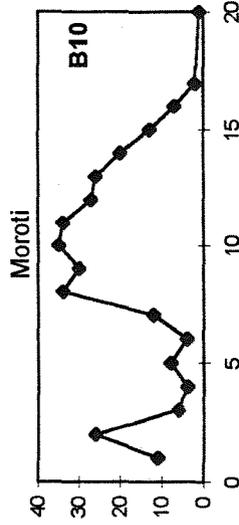
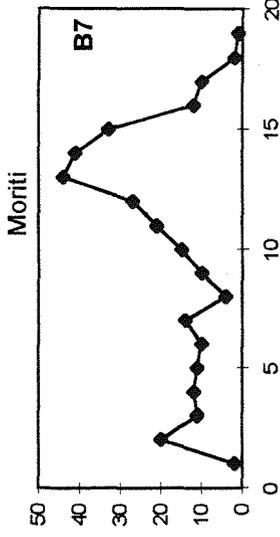
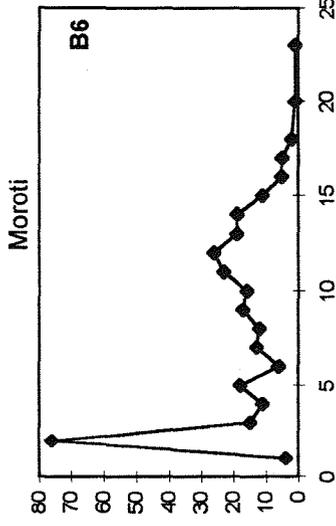
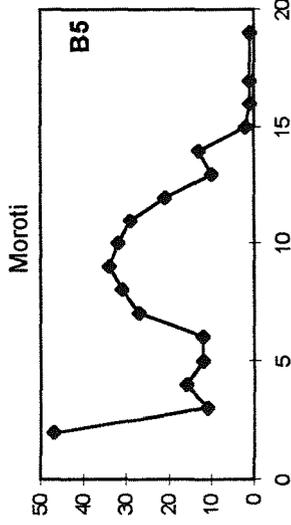
Figura 21. Gráfico de dispersão de por tamanho dos 300 grãos de amido de cada amostra analisada do Banco de Germoplasma - Comprimento ortogonal.

Banco de Germoplasma - Comprimento Ortogonal



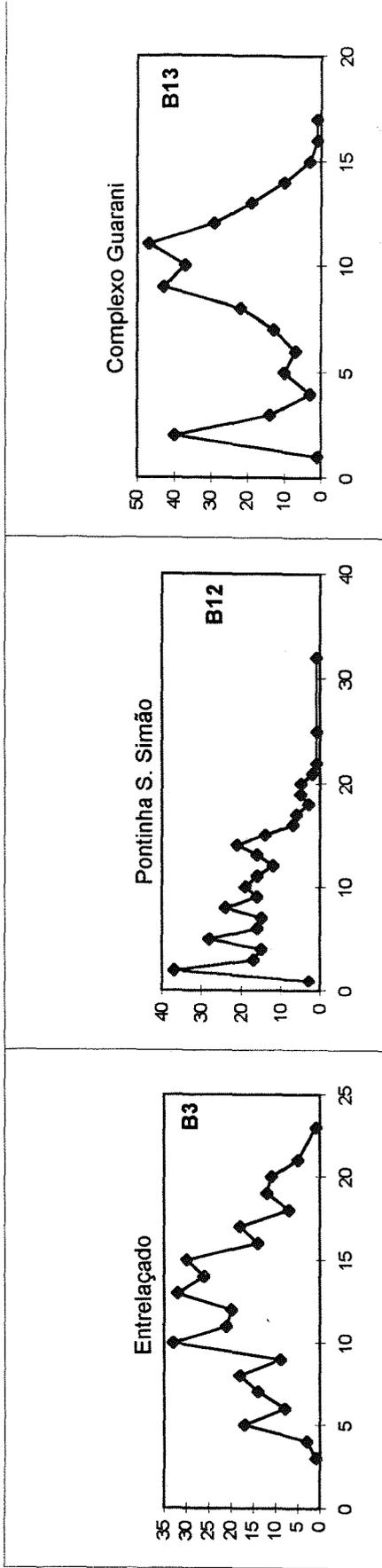
Eixo X - Tamanho dos Grãos de amido em Micrometros.
Eixo Y - Quantidade de Grãos.

Banco de Germoplasma - Comprimento Ortogonal



Eixo X - Tamanho dos Grãos de amido em Micrômetros.
Eixo Y - Quantidade de Grãos.

Banco de Germoplasma - Comprimento Ortogonal



Eixo X - Tamanho dos Grãos de amido em Micrometros.
Eixo Y - Quantidade de Grãos.

Material Arqueológico - Comprimento Maior

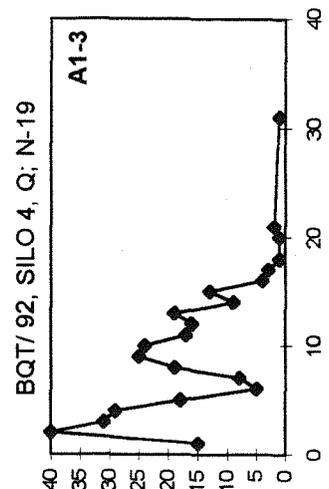
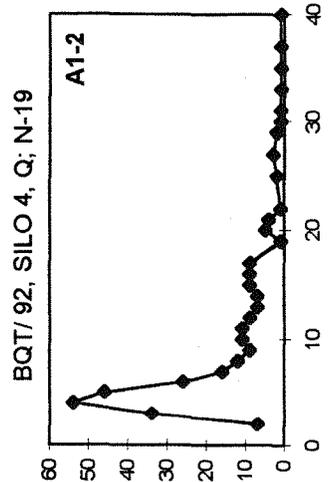
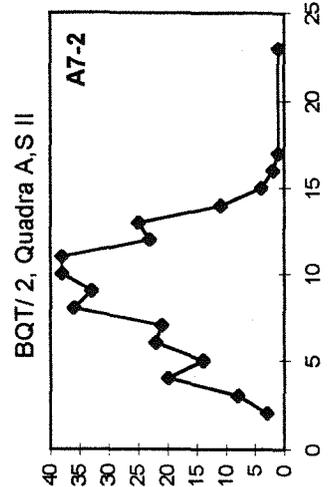
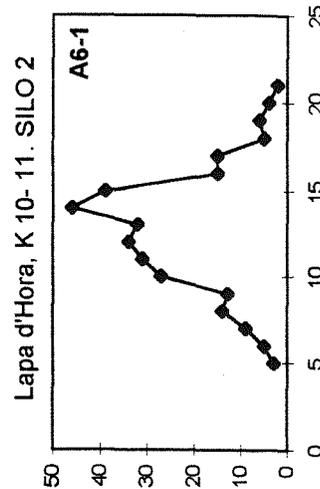
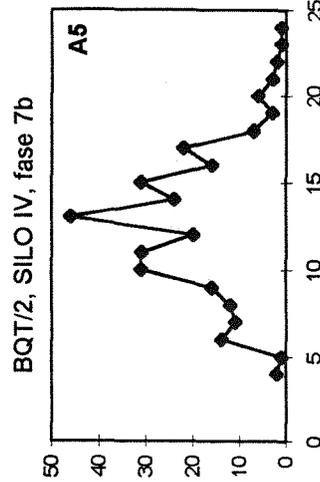
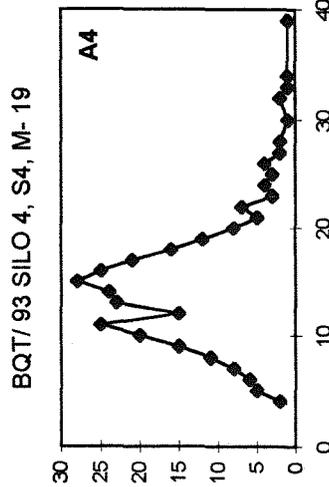
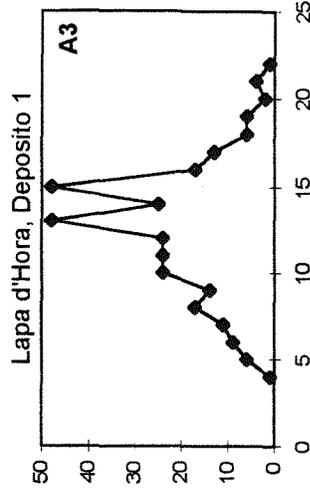
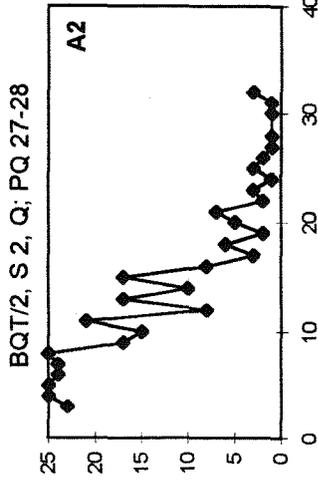
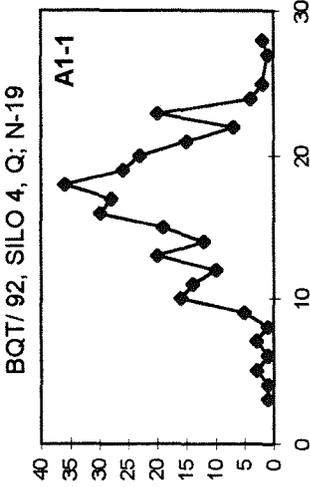
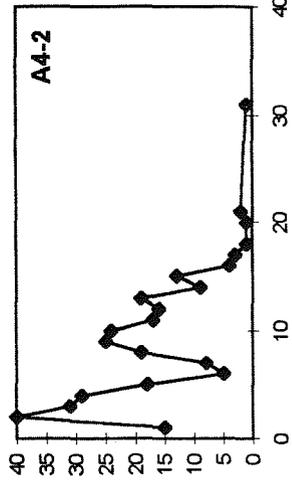


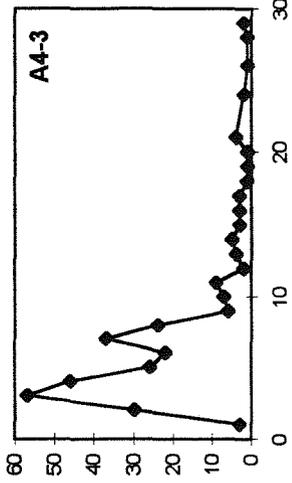
Figura 22. Gráfico de dispersão de por tamanho dos 300 grãos de amido de cada amostra analisada do material arqueológico - Comprimento maior.

Material Arqueológico - Comprimento Maior

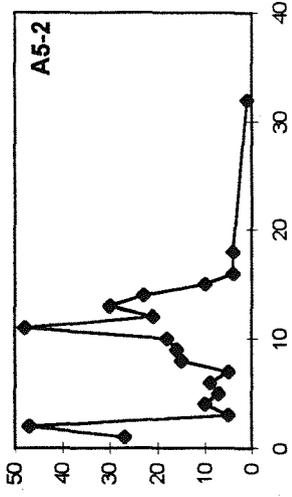
BQT/ 93 SILO 4, S4, M- 19



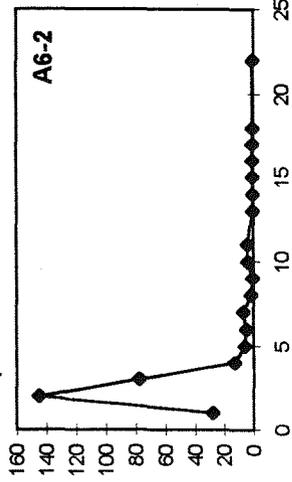
BQT/ 93 SILO 4, S4, M- 19



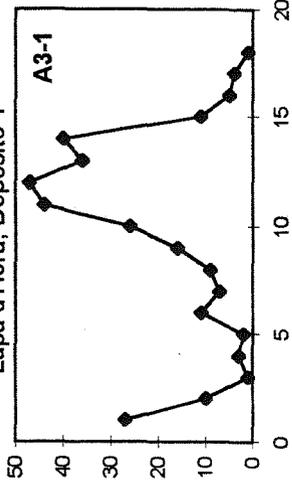
BQT/2, SILO IV, fase 7b



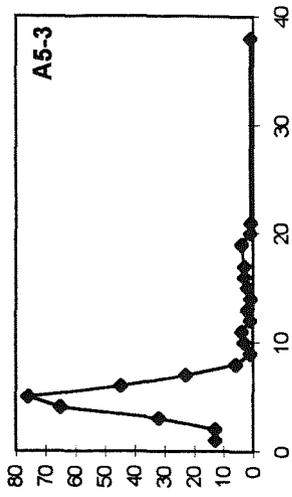
Lapa d'Hora, K 10- 11. SILO 2



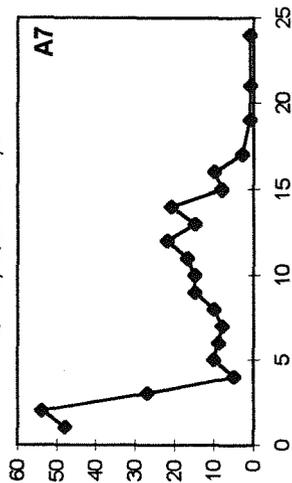
Lapa d'Hora, Deposito 1



BQT/2, SILO IV, fase 7b

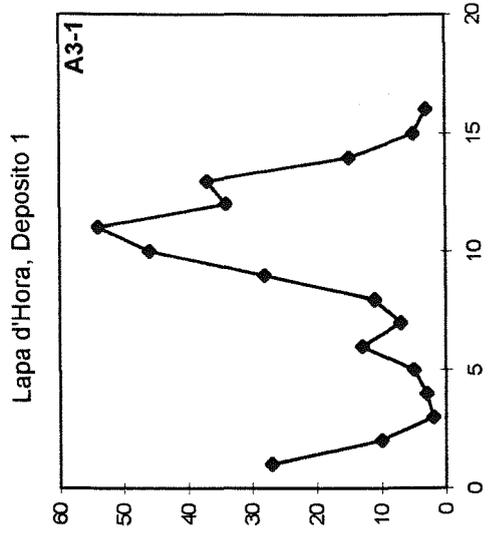
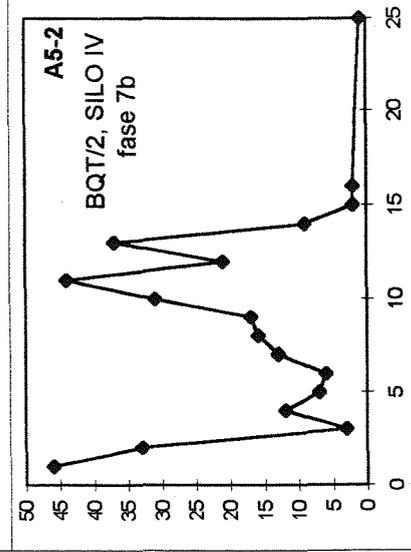
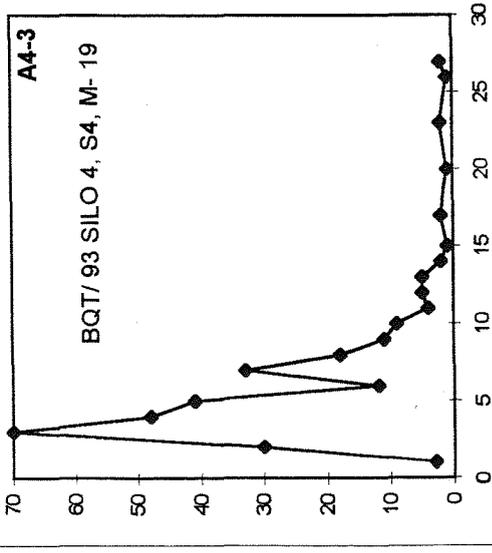
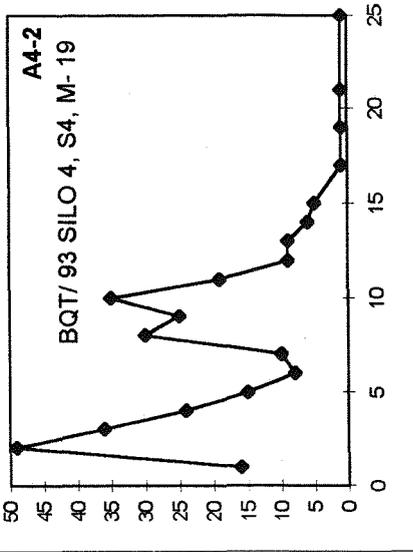
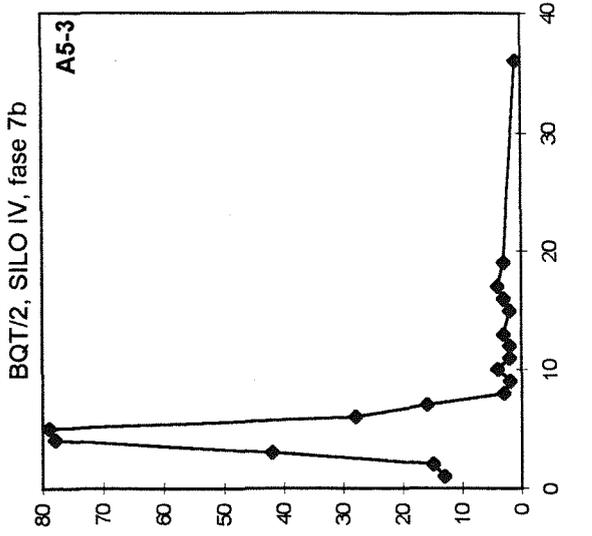
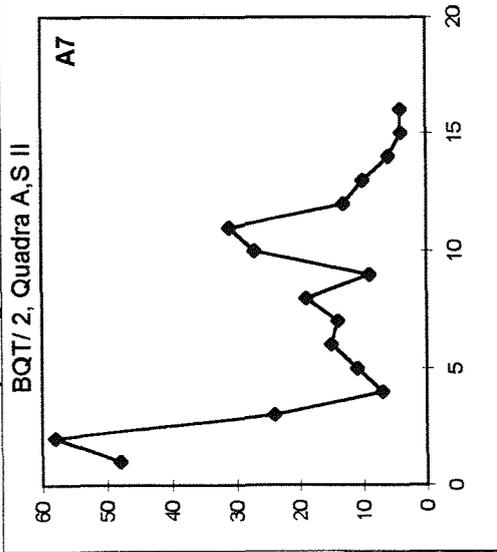
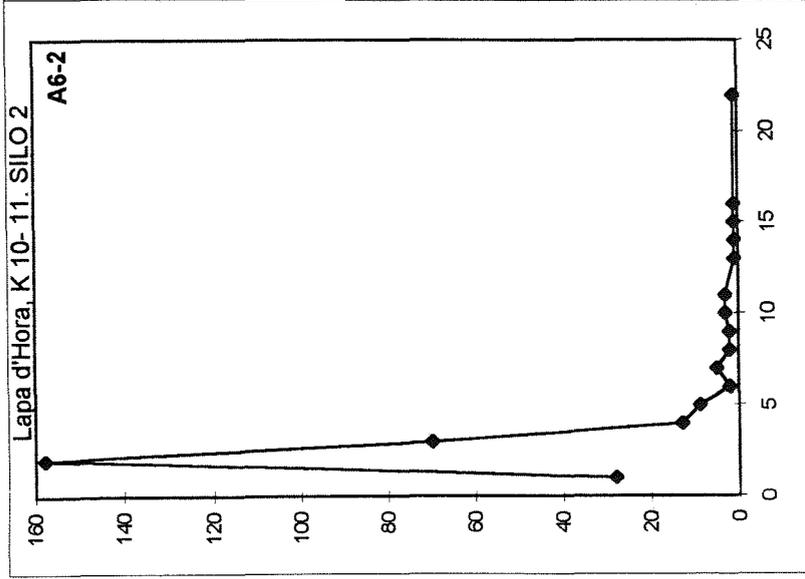


BQT/ 2, Quadra A,S II



Eixo X - Tamanho dos Grãos de amido em Micra.
Eixo Y - Quantidade de Grãos.

Material Arqueológico - Comprimento Ortogonal



Eixo X - Tamanho dos Grãos de amido em Micrômetro.
Eixo Y - Quantidade de Grãos.

Tabela 16. Análise de Tukey - Banco de Germoplasma - Razão entre as medidas.

Amostras do Banco de Germoplasma - Razão entre as Medidas

material	B9	B20	B19	B5	B21	B8	B3	B13	B17	B18	B6	B10	B16	B7	B15	B12	B11	B14	B1	B2	B4	Cateto MT I
acesso	1,173	1,164	1,134	1,131	1,129	1,123	1,111	1,101	1,101	1,092	1,091	1,091	1,084	1,082	1,065	1,065	1,042	1,041	1,036	1,024	1,019	
média	A	A	A	A	A	A	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	
	B	B	B	B	B	B	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	
							E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	
							F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	
							G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	
							H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	
							I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	
							J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	
							K	K	K	K	K	K	K	K	K	K	K	K	K	K	K	
							L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	
							M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	
							N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	
							O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	
							P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	
							Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	
							R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	
							S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	
							T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	

Tabela 17. Análise de Tukey - Material arqueológico - Comprimento maior.

Material Arqueológico - Comprimento Maior

amostra*	média																	cor da semente
A1 -1	15,964	A																roxa
A4 -1	14,104	B																laranja
A6 -1	12,159		C															laranja
A5 -1	12,075		C	D														laranja
A3	12,015		C	D	E													laranja
A2	9,776					F	G											laranja
A3 -1	9,698					F	G	H										laranja
A7 -2	8,56					F	G	H	I									roxa
A1 -2	8,087							H	I									roxa
A5 -2	9,979							H	I	J								roxa
A1 -3	7,116								I	J	K							marrom
A4 -2	7,032								I	J	K	L						laranja
A7	6,512										K	L	M					laranja
A4 -3	5,972										K	L	M	N				roxa
A5 -3	5,058													N	O			roxa
A6 -2	2,561															P		laranja
*amostra	siló																	
A1 - ...	BQT/ 92, SILO 4, Q: N -19																	
A2 - ...	BQT/ 2, S 2, Q: PQ 27-28																	
A3 - ...	Lapa d'Hora, Deposito 1																	
A4 - ...	BQT/ 93, SILO 4, S4, M-19																	
A5 - ...	BQT/ 2, SILO IV, fase 7b																	
A6 - ...	Lapa d'Hora, K 10-11, SILO 2																	
A7 - ...	BQT/ 2, Quadra A, S II																	

DMS = 1,2662

Tabela 18. Análise de Tukey - Material arqueológico - Comprimento ortogonal e razão entre as medidas.

Material Arqueológico - Ortogonal Maior

amostra*	média																	
A1 -1	13,6	A																
A4 -1	11,702	B																
A3	11,109	B	C															
A6 -1	10,866	B	C	D														
A5 -1	10,416		C	D	E													
A3 -1	8,925					F												
A2	8,060					F	G											
A7 -2	7,449						G	H										
A5 -2	7,317						G	H	I									
A1 -2	6,647							H	I	J								
A1 -3	6,431							H	I	J	K							
A4 -2	6,159									J	K	L						
A7	5,593									J	K	L	M					
A4 -3	5,124											L	M	N				
A5 -3	4,706												M	N	O			
A6 -2	2,361																	P
DMS = 1,0934																		
amostra*		média																
A2	1.2125	A																
A4 -1	1.2070	A	B															
A1 -2	1.2025	A	B	C														
A1 -1	1.1901	A	B	C	D													
A5 -1	1.1721	A	B	C	D	E												
A7 -2	1.1710	A	B	C	D	E	F											
A4 -3	1.1431			C	D	E	F	G										
A4 -2	1.1370				D	E	F	G	H									
A1 -3	1.1368					E	F	G	H	I								
A5 -2	1.1297					E	F	G	H	I	J							
A6 -1	1.1266					E	F	G	H	I	J	K						
A7	1.1103							G	H	I	J	K	L					
A3	1.0831								H	I	J	K	L	M				
A3 -1	1.0803										J	K	L	M	N			
A5 -3	1.0753										J	K	L	M	N	O		
A6 -2	1.0549												L	M	N	O	P	
DMS = 0,0559																		

Material Arqueológico - Razão entre Medidas

CONCLUSÕES

Através das análises dos dados obtidos com as amostras podemos relacionar algumas conclusões, que se seguem:

- O amido dos órgãos de reserva se encontravam em excelente estado de preservação.
- Através da morfologia dos grãos de amido podemos separar raças ou variedades de milho
- Os habitantes dos abrigos do Vale do Peruaçu plantavam mais de uma variedade de milho em um mesmo período de tempo.
- Ao longo do período de tempo situado entre 1.100 à 500 anos atrás houve uma mudança de variedades plantadas, mas sempre era plantada mais de uma variedade ao mesmo tempo.
- Os dados sugerem que nestas amostras arqueológicas a variabilidade dos grãos de amido do milho é maior do que a existente entre as raças utilizadas dos acessos do Banco de Germoplasma.
- Pelo padrão de distribuição dos grãos de amido nas classes dos gráficos de tamanho dos grãos vs quantidade, podemos distinguir três padrões de distribuição: o primeiro que segue um padrão de uma curva normal; o segundo é parecido com uma curva exponencial negativa, onde a maior quantidade dos grãos está nas menores classes de tamanho e, esta quantidade diminui rapidamente com o aumento do tamanho dos grãos, e; o terceiro padrão é parecido com o segundo, mas além do primeiro pico dos grãos

pequenos, ocorre um segundo pico, menor do que o primeiro, nos valores de grãos de tamanho médios.

- Estes padrões ocorrem tanto no material arqueológico como no do Banco de Germoplasma.

- Os 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, com maior ou menor proporção, no material cultivado pelas populações humanas pré-históricas que habitavam a região Norte de Minas Gerais há pelo menos um milénio de anos.

- Evolutivamente, o tamanho da espiga foi aumentando com o tempo, permitindo também, deste modo, um aumento da quantidade de sementes, mas sem que esta semente sofresse uma variação muito grande em seu tamanho.

- Em termos da morfologia externa das espigas, a parte basal das espigas praticamente não varia. Deste modo, seu uso para distinguir variedades não é recomendado, ao contrário do que ocorre com as outras partes da espiga.

- Espigas arqueológicas inteiras e as porções apical e mediana das mesmas são indicadas para comparações de natureza estatística.

- O fragmento que se suspeitava ser de mandioca é realmente desta espécie, segundo as características dos grãos de amido. A idade deste fragmento é de 860 ± 60 anos, tendo o ano de 1950 como origem cronológica.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Absy, M.L.; Servant, M. & Absy, M.L.. A história do clima e da vegetação pelo estudo do pólen. **Ciência Hoje**, v. 16, p. 26-30, 1993.
- Bartlett, A.S.; Barghoorn, E.S.; Berger, R.. Fossil maize from Panama. **Science**, v. 165, p.389-370, 1969.
- Beadle, G.W.. The mystery of maize. **Field Museum Bulletin**, v. 43, p. 3-11, 1972.
- Beadle, G.W. The ancestry of corn. **Scientific American**, v. 242, p. 96-103. 1980.
- 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.
- Bird, R.McK., Dias Jr., O.; Carvalho, E.T. Subsídios para a arqueobotânica no Brasil: o milho antigo em cavernas de Minas Gerais, Brasil. **Revista de Arqueologia**, v. 6, p.14-31, 1991.
- Blumenschein, A. Estudo das origens e relações de parentesco dos milhos do leste da América do Sul, a partir dos knobs cromossômicos. Piracicaba, 1968. 169p. Tese (Professor Catedrático)-Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo.
- Boyer, C.D., Shannon, J.C., Garwood, D.L. and Creech, R.G. Changes in starch granule size and amylose percentage during kernel development in several *Zea mays* L. genotypes. **Cereal Chemistry**, v.53, p. 327-337, 1976.
- Boyer, C.D.; Daniels, R.R.; Shannon, J.C. Starch granule (amyloplast) development in endosperm of several *Zea mays* L. genotypes affecting kernel polysaccharides. **American Journal of Botany**, v. 64, p. 50-56, 1977.
- Brieger, F.G.; Gurgel, J.T.A.; Paterniani, E.; Blumenschein, A.; Alleoni, M.R., 1958. Races of maize in Brazil and other Eastern South American countries. National Academy of Science; National Research Council Publication No. 593. 293 pp.

- Candolle, A. de. Origin of cultivated plants, 2n ed. Hafner, New York. Translated from the 1866 edition. 1959.
- Cannings, C.; Hoppensteadt, F. An introduction to mathematical taxonomy. Cambridge University. Press, 152 p. 1982.
- 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**, v. 53, p. 85-91, 1976.
- Chutgai, S. Knob heterochromatin in relation to origin and evaluation of maize (não publicado) 1985.
- Clark, J.D. Prehistoric culture and pleistocene vegetation of the Kalambo Falls, northern Rhodesia. **Nature**, v. 201, p. 971-975, 1964.
- Clement, C.R. A center of crop diversity in Western Amazonia. **BioScience**, v. 39, p. 624-631. 1989.
- Cohen, M.N. Archeological plant remains from the central coast of Peru. **Ñawpa Pacha**, v. 16, p. 23-50, 1978.
- Cortella, R.A.; Pochettino, M.L.; 1995. Comparative morphology of starch of three Andean tubers. **Starch**, 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 e Sciences**. Vol. XVII. Academy Press, New Haven, Conn. p. 66, 1966.
- DeBoer, W.R. The archeological evidence for manioc cultivation: a cautionary note. **American Antiquity**, v. 40, p. 419-433, 1975.
- Doebley, J.F. Molecular evidence for gene flow among *Zea* species. **BioScience**, v. 40, p. 443-448, 1990.
- 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. **Scientific Journal Series, Minnesota Agricultural Experiment Station**, v. July, p. 462-464, 1941.
- Fannon, J.E.; Shull, J.M.; Bemiller, J.N. Surface pores of starch granules. **Cereal Chemistry**, v. 69 p. 284-288, 1992.
- Fannon, J.E.; Shull, J.M.; Bemiller, J.N. Interior channels of starch granules. **Cereal Chemistry**, v. 70p. 611-613, 1993.

- Felker, F.C.; Paulis, J.W. Quantitative estimation of corn endosperm vitreosity by video image analysis. **Cereal Chemistry**, v. 70, p. 685-689, 1993.
- Galliard, T. Starch: Properties and Potencial. Published for the Society of Chemical Industry, 1987.
- Galinat, W.C. The origin of maize. **Annual Review of Genetics**, v. 5, p. 447-448, 1971.
- Galinat, W.C. The origin of maize as shown by key morphological traits of its ancestor. **Maydica**, v. 28, p. 121-138, 1983.
- Galinat, W.C. The missing links between teosinte and maize: a review. **Maydica**, v. 30, p. 137-160, 1985.
- 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**, v. 5, p. 141-155, 1978.
- Garwood, D.L., Shannon, J.C., Creech, R.G. Starches of endosperms possessing different alleles at the *amylose-extender* locus in *Zea mays* L. **Cereal Chemistry**, v. 53, p. 355-364, 1976.
- Giacometto, A. P. & Wosiacki, G. Grânulos e pastas de amido: o estado da arte. **Semina**, v. 6, f. 3, p. 155-159, 1985.
- Goette, S.; Williams, M.; Johannessen, S.; Hastorf, C. A. Toward reconstructing ancient maize: experiments in processing and charring. **Journal of Ethnobiology**, v. 14, p. 1-21, 1994.
- Goodman, M. História e origem do milho. In Paterniani, E. (ed.). Melhoria e produção do milho no Brasil. Fundação Cargill. 650p. 1978.
- Gould, S.J. A short way to corn. **Natural History**, v. 93, p. 12-20, 1984.
- Grant, C.A. A scanning electron microscopy survey of some maydeae pollen. **Grana**, v. 12, p. 177-184, 1972.
- Hall, D.M and Sayre, J.G. A scanning electron-microscope study of starches. Part II: Cereal starches. **Textile Research Journal**, v. 39, p. 256-266, 1970.
- Harlan, J.R. Agricultural origins: centers and noncenters. **Science**, v. 174, p. 468-473, 1971.

- Harlan, J.R.; de Wet, J.M.J. On the quality of evidence for origin and dispersal of cultivated plants. **Current Anthropology**, v. 14, p. 51-55, 1973.
- Harlan, J.R. **Crops and Man**. Madison: American Society of Agronomy/ Crop Science Society of America, 295 pp, 1975.
- Harlan, J.R. Self-perception and the origins of agriculture. In Swaminathan, M.S. e Kochlar, S.L. (eds.). **Plants and Society**, Macmillan Publishers, London. 1989.
- Iltis, H.H. From teosinte to maize: the catastrophic sexual transmutation. **Science**, v. 222, p. 886-894, 1983a.
- Iltis, H.H. The catastrophic sexual transmutation theory (CSTT): from teosinte tassel spike to the ear of corn. **Maize Genetics Cooperative Newsletter**, v. 57, p. 81-91, 1983b.
- Iltis, H.H. Maize evolution and agricultural origins. In Soderstran, T.R. et al. (eds.) **Grass Systematics and Evolution**, Smithsonian Institution, Washington. Cap. 19. 1986.
- Jane, J., Shen, L., Wang, L., Maningat, C.C., 1992. Preparation and properties of small-particle corn starch. **Cereal Chemistry**, v. 69, p. 280-283, 1992.
- 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**, 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**, 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**, v. 87, p. 85-94, 1960.
- McClintock, B.; Kato, T.A.Y.; Blumenschein, A. **Chromosome constitution of races of maize**. Colégio de Postgraduados, Chapingo, México, 1981.
- Mangelsdorf, P.C. Ancestor of corn. **Science**, v. 128, p. 1313-1320, 1958.
- Mangelsdorf, P.C.; Macneish, R.S.; Gallinat, W. Domestication of corn. **Science**, v. 143, p.538-545, 1964.

- Mangelsdorf, P.C. Teosinte the closest relative of maize and the genetic nature of teosinte. *In* Mangelsdorf, P.C. (ed.) *Corn, its origin, evolution and improvement*. Cambridge, Belknap Press, caps. 3-4. 1974.
- Mangelsdorf, P.C. & Reeves, R.G. The origin of indian corn and its relatives. **Bull. Texas Agric. Exp. Station**, v. 574, 1939.
- Martins, P.S. Biodiversity and agriculture: Patterns of domestication of Brazilian native plant species. **Anais da Academia Brasileira de Ciência**, v. 66, p. 219-224, 1994.
- Patterniani, E. and Goodman, M.M. Races of maize in Brazil and adjacent areas. **CIMMYT**. Mexico. 95 pp, 1977.
- 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**, v. 49, p.183-196, 1995.
- Pessenda, L.C.R.; Camargo, P.B. Datação radiocarbônica de amostras de interesse arqueológico e geológico por espectrometria de cintilação líquida de baixo nível de radiações de fundo. **Química Nova**, v. 14, f. 2, p. 98-103, 1991.
- Prous, A. L'archéologie au Brésil: 300 siècles d'occupation humaine. **L'Anthropologie**, v. 90, p. 257-306, 1986.
- Prous, A., 1991. 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, DF: Editora Universidade de Brasília, 1992. 605p.
- 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**, v. 16, p. 48-51, 1993.
- Randolph, L.E. Cytogenetics aspects of the origin and evolutionary history of corn. *In* Sprague, G.F. (ed.). *Corn and corn improvement*. Academic Press. 1955.
- Randolph, L.E. Contributions of wild relatives of maize to the evolutionary history of domesticated maize: A synthesis of divergent hypotheses I. **Economic Botany**, v. 30, p. 321-345, 1976.

- Renvoize, B.S. The area of origin of *Manihot esculenta* as a crop plant - a review of the evidence. **Economic Botany**, v. 26, p. 352-360, 1973.
- Roosevelt, A.C. Parmana. Prehistoric maize and manioc subsistence along the Amazon and Orinoco. Academic Press Inc.(London) Ltd, 1980.
- Roosevelt, A.C. Paleoindian cave dwellers in the Amazon: The peopling of the Americas. **Nature**, 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**, v. 44(1), p. 55-60, 1972.
- Rundle, R.E.; Baldwin, R.R. The configuration of starch and starch-iodine complex. **Journal of American Chemical Society**, v. 65, p. 554-561, 1943.
- Salgado, M.L.L. Contribuição à palinologia dos cerrados. **Academia Brasileira de Ciências**. 1973.
- Sandstedt, R.M.; Hites, B.D.; Schroeder, H. Genetic variation in maize. **Cereal Science Today**, v. 13, p. 82-96, 1968.
- Schmitz, P.I. Caçadores e coletores antigos da região do cerrado. In: **Cerrado**. Brasília: Editora Universidade de Brasília, 1993. p.109-154.
- Smith, J.S.C.; Lester, R.N. Biochemical systematics and evolution of *Zea*, *Tripsacum* and related genera. **Economic Botany**, v. 34, p. 201-218, 1980.
- Sneath, P.H.A.; Sokal, R.R. Numerical taxonomy. W.H. Freeman and Company. 573 p. 1973.
- Srinivas, T.; Bhashyam, M.K.; Chand, N.; Bhattacharya, S.; Sreedhara, S.M.; Narasimha, H.V. Relationship of cob characters with grain morphology in maize (*Zea mays*, Poaceae). **Economic Botany**, v. 45, p. 503-510, 1991.
- Steel, R.G.D. & Torrie, J.H. **Principles and procedures of statistics** McGraw-Hill Book Co. Inc., New York, 1960.
- Swinkels, J.J.M.,. Composition and properties of commercial native starches. **Starke**, v. 37, p. 1-5, 1985.
- Turcq, B.; Suguio, K.; Martin, L.; Flexor, J.M. Registros milenares nos sedimentos dos lagos da serra de Carajás. **Ciência Hoje**, 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**, v. 38, p. 179-193, 1984.
- Ugent, D.; Verdun, M. Starch grains of the wild and cultivated Mexican species of *Solanum*, subsection *Potatoe*. **Phytologia**, v. 53, p. 351-361, 1983.
- Ugent, D.; Pozorski, S; Pozorski, T. Archaeological potato tuber remains from the Casma Valley of Peru. **Economic Botany**, v. 36, p. 182-192, 1982.
- Ugent, D.; Pozorski, S; Pozorski, T. Archaeological manioc (*Manihot*) from Coastal Peru. **Economic Botany**, v. 40, p. 78-102, 1986.
- Ugent, D.; Dillehay, T.; Ramirez, C. Potato remains from a late Pleistocene settlement in southcentral Chile. **Economic Botany**, v. 41, f. 1, p. 17-27, 1987.
- Vavilov, N.I. Studies on the origin of cultivated plants. Inst. Appl. Bot. Plant Breed, Leningrad, 1926.
- Veloso, T.P.G.; Resende, E.M.T.P. Vestígios alimentares nos sítios arqueológicos sob abrigos de Minas Gerais. Anais III Congresso ABEGUA, Belo Horizonte: p. 389-414, 1992.
- Vogel, J.C.; Nikolaus, J, Van Der Merwe. Isotopic evidence for early maize cultivation in New York State. **American Antiquity**, 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**, v. 54, p. 1141-1151, 1977.
- Wang, Y.J.; White, P.; Pollak, L.; Jane, J. Characterization of starch structures of 17 maize endosperm mutant with Oh43 inbred line background. **Cereal Chemistry**, v. 70, p. 171-179, 1993.
- Weatherwax, P. Early history of corn and theories as to its origin. In Sprague, G.F. (ed.) *Corn and corn improvement*, Academic Press. 1955.
- Whistler, R.L., Turner, E.S. Fine structure of starch granule sections. **Journal Polymer Science**, v. 18, p. 153-156, 1955.
- Whistler, R.L., Thornburg, W.L. Development of starch granules in corn endosperm. **Agricultural and Food Chemistry**, 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**, 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**, 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**, v. 98, p. 268-271, 1971.
- Yassui, K. On the structure and the development of starch grains I. Observation of the various types of starch grains. **Cytologia**, v. 15, p. 61-74, 1949.
- Zhao, J., Whistler, R.L. Isolation and characterization of starch from Amaranth flour. **Cereal Chemistry**, v. 71, p. 392-393, 1994.