

| PESQUISA | Estudos genéticos e arqueológicos sugerem que a domesticação da mandioca envolveu a seleção de variedades com menos ácido cianídrico, possibilitando o consumo há 9 mil anos

A ORIGEM DA MANDIOCA

Mandioca, mandioca-mansa, macaxeira, aipim e vários outros nomes no Brasil. Manioc ou casava nos países de língua espanhola. Existem muitas formas para designar a espécie *Manihot esculenta*, que produz uma raiz rica em amido e foi domesticada há cerca de 9 mil anos. Estudos genéticos e arqueológicos indicam que isso ocorreu na região do Alto Rio Madeira, no atual estado de Rondônia.

A forma como se desenrolou a transmissão do cultivo da mandioca pelas Américas ainda é algo nebuloso. Especula-se que a partir do centro original de domesticação no sudoeste da Amazônia o cultivo da mandioca se disseminou entre as etnias indígenas seguindo o curso dos grandes rios amazônicos, que são até hoje as principais vias de transporte da região.

Tal hipótese necessitava de comprovação e esse foi o objetivo de um estudo da diversidade genética feito por Alessandro Alves-Pereira, que fez doutorado no Departamento de Genética da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz da Universidade de São Paulo (ESALQ-USP), e atualmente é pós-doutorando no Departamento de Biologia Vegetal da Universidade Estadual de Campinas (Unicamp). O trabalho teve supervisão de Maria Imaculada Zucchi, pesquisadora do Instituto Agronômico (IAC), e contou com apoio da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo. Resultados foram publicados nos *Annals of Botany*.

"A integração de estudos arqueológicos e etnobotânicos sugere que a dispersão da cultura da mandioca está ligada aos movimentos humanos pré-históricos ao longo dos rios amazônicos. A partir daí, decidimos usar técnicas de biologia molecular para buscar sinais genéticos de tal dispersão ao analisar a variação no genoma da mandioca", disse Alves-Pereira.

O grupo – formado por outros pesquisadores da ESALQ, do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia e da Universidade Federal do Amazonas – estudou os dois tipos de genoma de *Manihot esculenta*: o nuclear, que se encontra no núcleo das células, e o genoma do cloroplasto, a organela presente nas células das plantas onde é realizada a fotossíntese.

O material analisado veio do cultivo de agricultores familiares de 44 municípios ao longo de alguns dos principais rios amazônicos: Negro, Branco, Madeira, Solimões e Amazonas. Também foram coletadas amostras no nordeste do Pará e no sul de Rondônia.

Entre 2010 e 2015, foram coletadas amostras de folhas de 596 indivíduos, sendo 325 de mandioca-brava, 226 de mandioca-mansa, 28 da forma selvagem *Manihot esculenta* ssp. *flabellifolia* e 17 não designadas.

FÁBIO LIMA



MANDIOCA: cultivo disseminado entre etnias indígenas

Manihot esculenta ssp. *flabellifolia* é a espécie selvagem, domesticada há 9 mil anos. "A mandioca selvagem possui raízes que acumulam amido, mas não são tão grandes quanto as raízes das formas domesticadas", disse Alves-Pereira. Além disso, a mandioca selvagem cresce na forma de grandes arbustos, em ambientes mais abertos, e como trepadeiras em ambientes fechados no meio da mata. Já as mandioacas domesticadas são arbustos de 1 a 2 metros de altura, menores e menos ramificados.

Mas a principal diferença entre as diversas variedades de mandioca está no grau de toxicidade. A mandioca selvagem é uma planta muito venenosa. Suas raízes possuem elevado nível de substâncias precursoras do ácido cianídrico. O consumo in natura é potencialmente letal.

A domesticação da mandioca envolveu a seleção de variedades com menores teores de substâncias tóxicas, até chegar a um produto com teores mínimos, que pudesse ser consumido praticamente sem processamento.

A mandioca vendida em feiras, quitandas e supermercados é a mandioca-mansa, conhecida também como macaxeira ou aipim. Ela ainda contém certo teor de substâncias tóxicas, por isso não pode ser consumida logo após ser colhida.

Com a mandioca-brava é diferente. Ela conserva elevado teor de precursores do ácido cianídrico. Neste caso, a domesticação da mandioca-brava envolveu o desenvolvimento pelos índios de técnicas para retirar a toxicidade da planta.

Tais técnicas envolvem procedimentos como retirar a casca da mandioca, ralar a raiz, prensar a polpa resultante para retirar as toxinas, ferver a polpa para evaporar o ácido cianídrico, ou ainda fermentá-la para a produção de cauí, a bebida alcoólica tradicional nas sociedades indígenas do Brasil.

Para entender como foi o processo de disseminação do cultivo da mandioca, era preciso descobrir como e onde as formas mansa e brava se diferenciaram a partir do ancestral selvagem.

Uma vez no laboratório, a investigação de bancada de Alves-Pereira envolveu técnicas genéticas convencionais para a extração do DNA das células das folhas de mandioca. O passo seguinte foi buscar marcadores moleculares que pudessem servir como pontos de referência na comparação do genoma das diversas linhagens.

O geneticista buscou especificamente por microssatélites, que são pequenas regiões com sequências repetitivas e que ocorrem em todo o genoma. "A partir dos microssatélites, conseguimos estudar as relações genéticas entre os indivíduos", disse. (Agência Fapesp)

DESINTOXICAÇÃO

Técnicas indígenas

Foram comparados os genomas dos 596 indivíduos. "Concluimos que uma interpretação possível para os dados de variação genética, e como essa se distribui no espaço, era que a mandioca-mansa foi domesticada primeiro, há cerca de 9 mil anos, como sugerido na literatura genética e arqueológica. Só muito depois é que se domesticou a mandioca-brava. O processo de dispersão de ambas as variedades parece ter sido, portanto, bem diferente, tanto no tempo como no espaço", disse Alves-Pereira.

A seleção pelas populações pré-colombianas de índios de variedades de mandioca selvagem com baixos teores de veneno até chegar à mandioca-mansa deve ter sido um processo mais antigo. Segundo Alves-Pereira, isso porque supõe-se que naquela época as populações amazônicas eram muito menores e nômades. Isso implica uma menor demanda de alimentos, que pode ser suprida por mandioacas-mansas manejadas perto das unidades familiares.

E quanto à mandioca-brava? Uma vez que se domesticou a mandioca-mansa, os antigos grupos de caçadores-coletores começaram a abandonar a vida nômade para se fixar em aldeias e cultivar suas mandioacas. O registro arqueológico indica que entre 4 e 3 mil anos atrás as populações pré-colombianas começaram a experimentar um aumento populacional. Para alimentar mais bocas, o cultivo de mandioca teve que ser ampliado.

"O que se vê hoje na Amazônia é a mandioca-mansa comumente plantada no quintal da casa dos caboclos, e a mandioca-brava cultivada em áreas muito maiores: os roçados abertos na mata", disse Alves-Pereira.

O fato de a mandioca-brava ter sido domesticada em um momento de aumento de população das aldeias suscita uma questão ainda sem solução. Teria sido a necessidade de produzir mais alimento que obrigou os índios a procurar novas formas de alimentação, acabando em última instância por desenvolver técnicas de desintoxicação para poder consumir a mandioca-brava, ou foi a maior oferta de alimento decorrente da domesticação da mandioca-brava que permitiu o adensamento populacional?

Esta não é uma questão que os geneticistas possam responder, mas é uma hipótese para guiar futuras escavações arqueológicas na Amazônia. De acordo com Zucchi, a pesquisa do genoma da mandioca prossegue. No momento, Alves-Pereira está analisando mais de 5 mil marcadores chamados SNPs (polimorfismo de nucleotídeo único), para a construção de uma análise mais refinada.



A integração de estudos arqueológicos e etnobotânicos sugere que a dispersão da cultura da mandioca está ligada aos movimentos humanos pré-históricos ao longo dos rios amazônicos

ALESSANDRO ALVES-PEREIRA
Geneticista