

VARIEDADES MELHORADAS DE MANDIOCA COMO INSTRUMENTO DE INOVAÇÃO, SEGURANÇA ALIMENTAR, COMPETITIVIDADE E SUSTENTABILIDADE: CONTRIBUIÇÕES DO INSTITUTO AGRONÔMICO DE CAMPINAS (IAC)¹

Teresa Losada Valle²
José Osmar Lorenzi³

RESUMO

Atualmente, a mandioca é a sétima cultura em volume de produção no mundo. É importante para a segurança alimentar mundial e estratégica para produção de alimentos, amido e energia em virtude da tolerância a estresses bióticos e abióticos. É cultivada por pequenos agricultores em ambientes estressantes, para o consumo familiar ou para abastecer pequenos negócios locais e regionais. No Centro-Sul do Brasil, além das pequenas áreas, cultivos maiores visam ao comércio em larga escala. Tem altas produtividades, e a tecnologia para cultivos em grandes áreas é totalmente brasileira. Um dos alicerces desses cultivos de mandioca são as variedades selecionadas no programa de melhoramento do Instituto Agronômico de Campinas (IAC), com alto potencial produtivo, resistência à bacteriose, alto teor de matéria seca, boa qualidade nutricional, boa adaptação à mecanização do plantio, e características que facilitam os tratos culturais e a colheita. Essas variedades produziram impacto no Cerrado brasileiro, na agricultura e industrialização de amido e farinha de mandioca no Centro-Sul do Brasil e nos mercados hortícolas. A variedade de mesa, IAC576-70, contribuiu para a segurança alimentar nas periferias urbanas, inovou pequenas indústrias de processamento, e gerou trabalho e renda para pequenos agricultores, o que lhes devolveu competitividade. O melhoramento contribuiu para uma agricultura competitiva e sustentável.

Termos para indexação: industrialização, *Manihot esculenta*, melhoramento de mandioca, melhoramento vegetal.

¹ Trabalho vencedor do I Concurso Frederico de Menezes Veiga, no ano de 2013.

² Engenheira-agrônoma, doutora em Genética e Melhoramento de Plantas, pesquisadora científica do Instituto Agronômico de Campinas (IAC), Av. Barão de Itapura, 1481, Caixa Postal 28, CEP 13012-970 Campinas, SP. teresalv@iac.sp.gov.br

³ Engenheiro-agrônomo, mestre em Solos e Nutrição de Plantas, pesquisador científico aposentado do Instituto Agronômico de Campinas (IAC), Av. Papa Pio 12, 135, apto 21, CEP 13070-091 Campinas, SP. osmarlorenzi@terra.com.br

IMPROVED VARIETIES OF CASSAVA AS A TOOL OF INNOVATION, FOOD SAFETY, COMPETITIVENESS AND SUSTAINABILITY: CONTRIBUTIONS OF THE AGRONOMIC INSTITUTE OF CAMPINAS (IAC)

ABSTRACT

Currently, cassava ranks seventh among the most cultivated crops worldwide, considering the volume of production. It is an important crop for the global food safety, besides playing a strategic role for food, starch and energy production due to its tolerance to biotic and abiotic stresses. It can be grown by small farmers in stressful environments, for family consumption or to supply the local and regional small businesses. In Brazil's *Centro-Sul*, besides small areas, larger areas aim at large-scale trade. This culture has high productivity, and the technology applied to the cassava crops in large areas is entirely developed in Brazil. One of the bases for these cassava crops are the varieties selected by IAC's cassava breeding program, with high yield potential, resistance to bacteriosis, high dry matter content, good nutritional quality, good adaptation to the mechanized planting, and culture management and harvesting. The adoption of these cassava varieties had a great impact on the cassava production in the Brazilian *Cerrado*, as well as on agriculture and industrialization of starch and cassava flour in Brazil's *Centro-Sul* region, and on horticultural markets. The sweet cassava variety, IAC576-70, contributed to food safety in urban outskirts, brought innovation to small processing industries, and provided jobs and income for small farmers, which enabled them to regain competitiveness. IAC's cassava breeding program has contributed to a competitive and sustainable agriculture.

Index terms: industrialization, *Manihot esculenta*, cassava breeding, plant breeding.

INTRODUÇÃO

A mandioca é uma das culturas mais importantes do cenário agrícola brasileiro. Além de ser alimento básico das populações, que historicamente a consomem na forma de farinha e outros inúmeros derivados, é uma importante fonte de amido para as indústrias de alimentos, de papel e têxtil, entre outras. É a única cultura, em nível mundial, que concretamente tem vantagens comparativas que podem ser transformadas em vantagens competitivas em relação ao milho na produção de amido em ambientes tropicais. Deve-se considerar que o amido é uma matéria-prima fundamental para a sociedade moderna, principalmente na busca por sustentabilidade, quando é utilizado na formulação de produtos biodegradáveis, em substituição aos derivados de petróleo, desde plásticos até etanol. A mandioca representa, também, um grande fator de segurança socioeconômica e alimentar para os diversos extratos sociais que a cultivam, com impactos positivos na geração de emprego e renda: grandes agricultores que operam negócios em larga escala, com razoável rentabilidade; médios e

pequenos produtores que diversificam sua agricultura e têm na mandioca um fator de segurança, estabilidade financeira e competitividade, em virtude de sua rusticidade perante adversidades edafoclimáticas, da baixa necessidade de investimento de capital, e da pequena exigência de fertilizantes, dispensando quase que totalmente o uso de defensivos para controle de pragas e doenças; microprodutores que procuram fundamentalmente segurança alimentar para suas famílias e comercializam o excedente, tanto na área rural quanto na atual agricultura periurbana.

Nos últimos 40 anos, a mandioca passou por um grande processo de modernização para se adaptar às exigências da agricultura atual, principalmente na região Centro-Sul do Brasil. Foram incorporadas várias técnicas agrícolas e industriais e uma grande diversidade de produtos. Um dos principais fatores para a modernização do setor foi a inovação sustentada por novas variedades com resistência a doenças, alto teor de matéria seca, adaptadas à mecanização e com alta produtividade (LORENZI et al., 1996). Várias instituições colaboraram para a criação desse cenário: a atual Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (Epagri), o Instituto Agrônomo do Paraná (Iapar), a atual Agência de Desenvolvimento Agrário e Extensão Rural (Agraer) e a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), cuja criação, na década de 1970, causou grande dinamização ao setor. Merece destaque o trabalho de melhoramento e a criação de variedades altamente impactantes pelo Instituto Agrônomo de Campinas (IAC). Tal trabalho foi iniciado no final do século 19 e consolidou-se em 1935. A partir de então, nunca foi interrompido e, atualmente, é o programa de melhoramento de mandioca em atividade mais antigo do mundo.

POR QUE CULTIVAR MANDIOCA NA AGRICULTURA BRASILEIRA?

A mandioca é uma planta perene domesticada por populações pré-cabralinas, há cerca de 9 mil anos, na região de transição entre a Floresta Amazônica e o Cerrado onde, atualmente, estão localizados Rondônia, Mato Grosso e Amazonas. O início da domesticação ocorreu com *Manihot flabellifolia*, espécie endêmica com capacidade rudimentar para armazenar amido nas raízes, tendo dado origem à espécie *Manihot esculenta*, que tem capacidade de alocar cerca de 50% da biomassa nas raízes, principalmente na

forma de amido, e de se multiplicar vegetativamente por meio de pequenos segmentos das hastes.

A eficiência da domesticação da mandioca como alimento e a tecnologia de produção de farinha foram altamente impactantes para as populações indígenas. Depois de sua difusão por todas as terras baixas e quentes americanas, tornou-se alimento básico, de tal modo que, quando os europeus chegaram ao Brasil no início do século 16, a mandioca era, juntamente com a batata e o milho, alimento básico das populações americanas. O milho era alimento básico na região do México e América Central; a batata, nos Andes; e a mandioca, no Planalto Central brasileiro e Amazônia. A partir do século 16, a mandioca foi disseminada por todo o mundo pelos colonizadores, e na África provocou uma autêntica revolução verde, sem os efeitos colaterais da revolução verde dos cereais na Índia. Atualmente, é alimento básico para 800 milhões de pessoas e cultivada por pequenos agricultores para subsistência, e pequenos comércios locais e regionais.

A longa história de domesticação e adaptação ecológica da mandioca, assim como a diversidade de usos, produziu um grande número de variedades com adaptação a diversos ecossistemas. É cultivada em solos típicos dos ambientes tropicais com baixa fertilidade, alto teor de alumínio e reduzida disponibilidade de nutrientes (HOWELER, 1981). Tolerante desde altas precipitações, como a da Região Amazônica, até as deficiências hídricas do Semiárido. A restrição é apenas de temperatura, sendo uma planta essencialmente tropical, cultivada entre 30°N e 30°S e em altitude inferior a 1.200 m, condições estressantes o suficiente para que outras culturas sejam totalmente inviáveis. Por essas razões, a FAO considera que a mandioca poderá se transformar no principal cultivo do século 21 em modelos de agricultura sustentável (FAO, 2013b; VALLE et al., 2007).

A mandioca é, atualmente, a sétima cultura com maior volume de produção do mundo. Em 2012, foram colhidas cerca de 257 milhões de toneladas, tendo superado a soja (Tabela 1). A produção cresceu cerca de 60% desde 2000.

Apesar de a mandioca ser de origem americana, adaptou-se muito bem às condições edafoclimáticas e socioeconômicas da África e da Ásia e, atualmente,

é a principal fonte alimentícia na África Subsaariana, sendo produzida nessa região, aproximadamente, 67% da mandioca do mundo (Figura 1).

Tabela 1. Produtos com maior volume de produção no mundo em 2012.

Produto	Produção (t × 1.000/ano)
Cana-de-açúcar	1.773.815
Milho	875.099
Arroz	718.345
Trigo	674.884
Batata	368.374
Beterraba açucareira	269.116
Mandioca	256.529
Soja	253.137
Cevada	132.351
Batata-doce	103.771

Fonte: FAO (2013a).

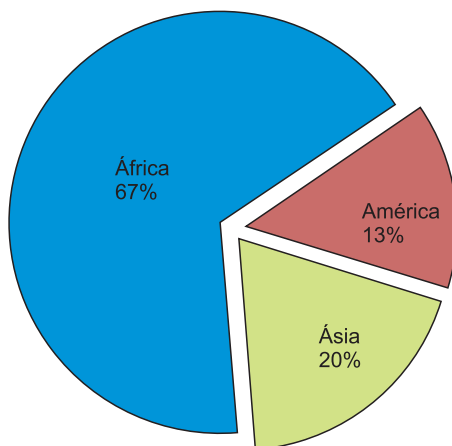


Figura 1. Distribuição da produção mundial de mandioca em 2012.

Fonte: FAO (2013a).

Em 2012, oito países produziram mais de 10 milhões de toneladas de mandioca por ano, aproximadamente 68% da produção mundial: cinco são africanos – Nigéria, Congo, Gana, Angola e Moçambique –; dois são asiáticos – Indonésia e Tailândia –; e um é americano, o Brasil (Tabela 2).

Tabela 2. Produção de raízes de mandioca em países com volume superior a 10 milhões de toneladas/ano.

	Produção (em 2012)		
	(t × 1.000/ano)	%	% acumulada
Nigéria	54.000	21	21
Indonésia	23.922	9	30
Brasil	23.414	9	39
Tailândia	22.500	9	48
Congo	16.000	6	54
Gana	14.547	6	60
Angola	10.636	4	64
Moçambique	10.051	4	68
Mundo	256.529	100	100

Fonte: FAO (2013a).

O Brasil já foi, historicamente, o maior produtor mundial. Nas últimas décadas, perdeu a posição para a Nigéria e, nos últimos anos, para a Tailândia e Indonésia. Isso ocorreu porque a produção brasileira esteve estacionada ao redor de 25 milhões de toneladas anuais, nos últimos 30 anos, enquanto nesses outros países vem aumentando, significativamente, sua produção para alimentação humana e uso industrial. A Tailândia é o único país que, em sua participação no comércio mundial, exporta raspas de mandioca para alimentação animal para a Comunidade Europeia; para produção etanol para a China; e para produção de amido para vários países.

O Brasil produz mandioca em todo o seu território, utilizando variados sistemas de produção e inúmeras variedades, porém a grande maioria destas são variedades nativas com forte adaptação local, mas com baixo potencial produtivo. O resultado dessa combinação reflete na produção e na baixa produtividade nacional, como pode ser observado na Tabela 3. A produtividade de 14,6 t/ha é um pouco superior à média mundial, mas as produtividades das diversas regiões brasileiras são bastante diferenciadas. As diferenças devem-se às próprias condições edafoclimáticas, que podem ser em maior ou menor grau estressantes ao cultivo agrícola; aos sistemas de produção, eficientes em maior ou menor grau; e ao baixo potencial genético das variedades cultivadas. Analisando-se a partição da produção nas diversas regiões brasileiras, observa-se a importância da mandioca para a alimentação da população das regiões Norte e Nordeste.

Tabela 3. Área, produção e produtividade de raízes de mandioca por regiões brasileiras, no Brasil e no mundo, em 2011.

Região	Área (ha)	Produção		Produtividade (t/ha)
		t	%	
Norte	489.122	7.596.861	30,0	15,5
Nordeste	738.385	7.919.997	31,2	10,7
Sudeste	139.483	2.554.935	10,1	18,3
Sul	292.111	5.988.908	23,6	20,5
Centro-Oeste	74.440	1.288.841	5,1	17,3
Brasil ⁽¹⁾	1.733.541	25.349.542	100	14,6
Mundo ⁽²⁾	20.059.898	256.404.044		12,8

Fonte: ⁽¹⁾ IBGE (2013) e ⁽²⁾ FAO (2013a).

A produção brasileira de mandioca, como regra geral, segue o modelo mundial, isto é, é produzida por pequenos produtores para economias locais, em que predomina o caráter de subsistência ou abastecimento regional.

Na região Centro-Sul do Brasil, na divisa dos estados do Pará, São Paulo e Mato Grosso do Sul, formou-se um complexo agroindustrial que produz e processa, anualmente, cerca de 6 milhões de toneladas de raízes para a produção de amido e farinha de mandioca. Nessa região, nos últimos 40 anos, houve profundas transformações na cadeia produtiva da mandioca, seja pelo volume de produção, produtividade e tecnologia de produção agrícola (Tabela 4), seja pelos avanços no processamento industrial para extração de amido e farinha de mandioca. Houve um profundo envolvimento de instituições que desenvolvem tecnologia, agricultores, industriais e indústria de máquinas e, com uso de tecnologia absolutamente brasileira, o Brasil tornou-se referência mundial na produção de mandioca. Apesar da predominância de pequenos produtores, a mandioca é capaz de competir com grandes culturas, como soja, milho e pastagens (LORENZI, 2012).

Tabela 4. Área, produção e produtividade de raízes de mandioca nos estados de São Paulo, Paraná e Mato Grosso do Sul em 2011.

Estado	Área (ha)	Produção (t)	Produtividade (t/ha)
São Paulo	56.235	1.321.297	23,5
Paraná	184.291	4.179.699	22,7
Mato Grosso do Sul	30.338	630.286	20,8
Total	270.864	6.131.282	22,6

Fonte: IBGE (2013).

A quase totalidade da produção brasileira de mandioca é destinada à produção industrial de farinha de mandioca e extração de amido. No entanto, uma pequena parte é destinada ao consumo próprio, comércio local ou mercados hortifrutigranjeiros. É utilizada depois de processamento doméstico, quando é consumida cozida, frita ou é utilizada no preparo de outras receitas. É chamada mandioca de mesa no linguajar técnico; e mandioca, aipim ou macaxeira na denominação popular (LORENZI et al., 1993).

A mandioca de mesa é em geral cultivada em quintais e pequenas hortas próximas às moradias, principalmente na periferia das cidades, sendo a “estrela” da agricultura periurbana, onde é comercializada in natura, promovendo microcomércios locais e contribuindo para a segurança alimentar, pois participa como complemento de renda e da alimentação diária.

Para atender aos conglomerados urbanos, pequenos agricultores produzem a mandioca de mesa, que é comercializada em mercados hortifrutigranjeiros. Esse tipo de produção está associado, também, à indústria de congelados, pequenas fábricas domésticas de salgadinhos e outras formas de agregação de valor. No Estado de São Paulo, que dispõe de estatísticas sobre mandioca de mesa, são comercializadas, anualmente, 150 mil toneladas, ou seja, aproximadamente 13% da produção. Assim, gera-se uma renda substancial para pequenos agricultores que abastecem esses mercados, dando competitividade para fazer frente aos altos custos da terra, nas regiões periféricas de grandes centros consumidores.

MELHORAMENTO GENÉTICO: NOVAS VARIEDADES COMO INSTRUMENTO DE INOVAÇÃO, SEGURANÇA ALIMENTAR, COMPETITIVIDADE E SUSTENTABILIDADE

A agricultura mundial sofreu profundas transformações depois da redescoberta das leis de Mendel, no início do século 20. Descobriu-se o vigor do híbrido e, posteriormente, a disponibilização de sementes híbridas para a agricultura impulsionou o mundo para uma maior produtividade de pequenos e grandes agricultores e garantiu maior competitividade aos países que se posicionaram pelo desenvolvimento técnico-científico e incorporação ao sistema produtivo. Vieram a revolução verde de Norman Borlaug, na década de 1960, e o Prêmio Nobel da Paz, em 1970. Surgiram grandes esperanças de

diminuição da fome no mundo, fundamentadas em variedades mais produtivas, obtidas por meio do conhecimento científico genético (ACQUAAH, 2009). Os resultados foram grandiosos, e os efeitos colaterais também, mas esse fato gerou um grande aprendizado para a humanidade. Finalmente, na década de 1990, acoplaram-se às variedades híbridas, “turbinadas” pela engenharia genética, às demais técnicas agrícolas (mecanização, adubação, irrigação, etc.), e construíram-se os grandes agronegócios mundiais do milho, soja e algodão, com seus espetaculares avanços na produtividade, porém, com efeitos colaterais também. Atualmente, procura-se agregar a sustentabilidade para minimizar os danos causados ao meio ambiente pelo uso do monocultivo intensivo.

O Brasil não ficou de fora dos avanços científicos, tecnológicos e inovações. Desde o final do século 19, criaram-se instituições de ensino e pesquisa. Merecem destaque o IAC, criado em 1897 para racionalizar as lavouras da cultura do café; e a Embrapa, criada em 1973, que reorganizou o desenvolvimento das bases tecnológicas da agropecuária em nível nacional. O IAC teve profunda influência na agricultura tropical e subtropical, e foi o berço da criação de variedades de plantas cultivadas no Brasil, enquanto a Embrapa foi outro grande passo para o desenvolvimento da moderna e competitiva agricultura brasileira.

Outras culturas, apesar de não terem se tornado propriamente um grande agronegócio, também se beneficiaram do avanço dos conhecimentos científicos, de modo geral, e dos genéticos, em particular – certas culturas puderam se manter devido ao melhoramento, ou seja, por meio da genética. O objetivo foi obter novas variedades mais produtivas, mais resistentes às doenças, mais tolerantes a estresses ambientais; enfim, sustentar e viabilizar a produtividade, transformada em segurança alimentar e competitividade, principalmente voltada para o mercado interno.

Entre as culturas que não despertam interesse dos grandes agronegócios internacionais, destaca-se a mandioca. No entanto, sua importância para o mundo, na alimentação humana, na produção de energia e para alimentação animal é indicativo do seu grande potencial para o desenvolvimento dos países tropicais que queiram aproveitar sua adaptabilidade às diversas condições edafoclimáticas, não observada nos cereais. Para atender a essa demanda,

fazem-se necessários investimentos em conhecimento e desenvolvimento de tecnologia, principalmente para obterem-se novas variedades. O Brasil, como centro de domesticação e dispersão da espécie, tem muitos problemas – mais pragas e doenças –, mas possui a solução para todos eles. Possui a maior reserva genética da espécie, pouquíssimo explorada, na qual há genes que são a solução para quase todos os problemas, quando incorporados às novas variedades.

Em 1950, o IAC produziu o trabalho *Aspectos agronômicos da cultura da mandioca* (Manihot utilissima Poll), que condensava 15 anos de experimentação e apresentava os elementos básicos para produção de mandioca de forma racional: variedades, espaçamento, épocas de plantio, etc. Promoveu várias alterações no cultivo, como a antecipação da época de plantio de setembro para maio/junho, e recomendou uma variedade crioula, existente no banco de germoplasma, a ‘Branca de Santa Catarina’, com resistência à bacteriose, para substituir a ‘Vassourinha Paulista’, sujeita a epidemias causadoras de constantes prejuízos aos agricultores. Essas mudanças contribuíram para uma produção suficiente que viabilizou a adição da farinha de raspa de mandioca à farinha de trigo. Em 1960, produziu-se a variedade IAC 24-2 Mantiqueira, que, em virtude de seu alto desempenho em ensaios de produção da América Latina e Caribe, foi difundida pelo Centro Internacional de Agricultura Tropical (Ciat) como CMC 40 e, atualmente, tornou-se a variedade de mandioca mais importante de Cuba na alimentação humana (VALLE, 1994).

Na década de 1970, com a criação da Embrapa, formaram-se parcerias extremamente produtivas para a cultura da mandioca. A variedade IAC 12 (Clone 12-289), selecionada, no IAC (LORENZI et al., 1983), por ser altamente produtiva e resistente à bacteriose, e por ter alto teor de matéria seca, foi levada para a Embrapa Cerrados, onde se constatou que, além de todas essas qualidades, apresenta, também, tolerância ao complexo de pragas do Cerrado. Atualmente, está disseminada em todo o Cerrado brasileiro, sendo cultivada por pequenos agricultores, que a chamam de IAC, e é processada em pequenas indústrias. Ambos – pequenos agricultores e pequenas indústrias – beneficiaram-se do alto rendimento agrícola e industrial em seus pequenos negócios. Um grande projeto com objetivo de plantar 10.000 ha de mandioca

no Cerrado baiano, no município de Correntina, também tem a IAC 12 (Figura 2) como alicerce.

Foto: José Osmar Lorenzi.



Figura 2. A variedade IAC 12, caracterizada por sua tolerância e resistência às principais pragas e doenças, rusticidade e ampla adaptação às condições edafoclimáticas.

Na década de 1980, com apoio financeiro da Embrapa, o trabalho de melhoramento da mandioca foi largamente ampliado e criticamente estruturado no IAC, com o objetivo específico de aumentar a eficiência na obtenção de variedades de mandioca industrial e de mesa (LORENZI et al., 1984; VALLE, 1990). Inicialmente, em 1982, realizou-se, no Estado de São Paulo, uma coleta sistemática de germoplasma, que resultou em 750 acessos, com 250 variedades diferentes (VALLE, 2002). Essa coleta foi feita em um momento estratégico, pois se prenunciava uma profunda erosão genética em virtude do êxodo rural ocorrido anteriormente. Esse trabalho pioneiro serviu de modelo para outras instituições e permitiu aos pesquisadores do IAC a aquisição de um profundo conhecimento socioeconômico da mandioca, no meio rural e urbano. A coleção do IAC também foi fortemente ampliada com intercâmbio de germoplasma. Foram, também, realizados estudos

de estrutura de germoplasma, com marcadores moleculares, botânicos e agrônômicos, e informações etnobotânicas, para seleção de parentais que poderiam apresentar heterose (CORDEIRO et al., 2000; GALERA; VALLE, 2008). Desenvolveram-se novos conceitos de melhoramento para plantas de propagação vegetativa, sendo o principal deles: “o melhor cruzamento é o que produz o melhor indivíduo”, enquanto o enfoque tradicional é que o melhor cruzamento é o que produz a melhor média. Com base nesse conceito, a seleção de parentais deixou de ser aleatória. Desenvolveram-se métodos de seleção para resistência à bacteriose – doença limitante do cultivo de mandioca – no Sul e Cerrado brasileiros, em grande número de clones, ou seja, passaram de 400 para 40.000 clones anuais. Agregou-se ao programa de melhoramento um sistema de produção de material de plantio com alta qualidade sanitária, que disponibiliza material sadio que agricultores não podem obter, pois não possuem os meios para isso. Porém, desde que tenham uma pequena quantidade e sejam devidamente orientados, podem produzir seu próprio material de plantio com alta qualidade sanitária, fisiológica e nutricional. Esse trabalho possibilitou estabelecer as bases para que, atualmente, se possa produzir material de plantio de mandioca devidamente certificado, em conformidade com as normas do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Mapa).

O fato mais importante da reestruturação do programa de melhoramento de mandioca, do IAC, foi a configuração de variedades que atendessem às demandas futuras da agricultura.

MANDIOCA PARA A INDÚSTRIA

Para a indústria, deveria haver variedades de mandioca com alto potencial fisiológico de produção de raízes, pois produtores com baixas produtividades não seriam competitivos. Estas variedades deveriam ter alto teor de matéria seca para se ter alto rendimento industrial, e para melhorar a eficiência da cadeia produtiva, tornando-a mais competitiva, resultando em melhor remuneração para o produtor e o industrial. Nos últimos dez anos, as raízes de mandioca passaram a ser comercializadas conforme o teor de matéria seca, que expressa o rendimento industrial de farinha ou amido. Deveriam ainda ter resistência à bacteriose, pois essa doença é o fator limitante do cultivo

e alto fator de risco para o agricultor. A resistência a essa doença contribui para a redução dos custos e para a sustentabilidade, pois não se utiliza de defensivos. Deveriam ser adaptadas ao plantio e à colheita mecanizada, pois a mão de obra rural tende a ser cada vez mais escassa e, considerando-se que o trabalho manual representava cerca de 70% do custo de produção, esse seria um fator fundamental na competitividade e até para a sobrevivência do setor. Também deveriam ser adaptadas a solos de baixa fertilidade, nos quais a mandioca tem vantagens comparativas diferenciadas – o menor custo da terra agregaria competitividade, e o menor uso dos fertilizantes contribuiria para a maior sustentabilidade, pela redução da poluição ambiental causada por adubos químicos, além de também favorecer a competitividade. Os progressos obtidos estão resumidos na Tabela 5.

Tabela 5. Produção, em valor absoluto e relativo, e teor de matéria seca de variedades de mandioca industrial.

Variedade	Produção	Produção	Matéria seca
	(t/ha)	(%)	(%)
Branca de Santa Catarina	20,8	100	39
Fibra	20,8	100	35
Roxinha	21,2	102	36
IAC 12	21,8	105	41
IAC 13	22,6	109	40
IAC 14	26,1	125	43

Obs.: 15 a 22 avaliações (12–14 meses).

Fonte: Lorenzi et al. (1996).

A variedade IAC 12 – a pioneira, como já foi comentado – é um dos sustentáculos da mandioca no Cerrado brasileiro pela resistência à bacteriose, tolerância ao complexo de pragas, produtividade e teor de matéria seca. A variedade IAC 13 é amplamente cultivada em regiões do Estado de São Paulo onde não há ocorrência de superalongamento – doença que apareceu no final da década de 1990, à qual é suscetível. A variedade IAC 14 (Figura 3) devolveu a competitividade aos agricultores do Estado de São Paulo em virtude da produtividade e alto teor de matéria seca. Seu desempenho agrônomo e rendimento industrial são tão espetaculares, que pode ser competitiva na produção de etanol, quando corretamente cultivada, mesmo em solos de baixa fertilidade (VEIGA, 2012). Tabelas 6 e 7.

Foto: José Osmar Lorenzi.



Figura 3. IAC 14, caracterizada por alta produtividade, alto teor de amido e resistência à bacteriose.

Tabela 6. Produção de raízes, matéria seca, amido e etanol de mandioca em duas regiões e para alguns produtores selecionados no Estado de São Paulo.

Referência	Produtividade (t/ha)	Matéria seca (%)	Amido (t/ha)	Etanol (99,5 GL) ⁽⁴⁾ (L/ha)
Região de Mogi Mirim ⁽¹⁾	38	38	13	8.000
Região de Assis ⁽²⁾	28	38	10	5.900
Produtores selecionados ⁽³⁾	55	42	18	12.800

⁽¹⁾ Área colhida: 2.200 ha/ano; produção: 84.000 t/ano; média para 2001–2006.

⁽²⁾ Área colhida: 8.300 ha/ano; produção: 231.000 t/ano; média para 2001–2006.

⁽³⁾ Variedade IAC 14; colheita com 2 ciclos (18 a 24 meses). Observação dos autores.

⁽⁴⁾ Utilizando-se parâmetros obtidos por Salla (2008).

Fonte: ^(1,2) IEA (2007) e ⁽⁴⁾ Salla (2008).

Tabela 7. Valor energético de resíduos de campo de mandioca (rama + cepa) em duas regiões e para alguns produtores selecionados no Estado de São Paulo.

Referência	Produtividade		Valor energético ⁽⁴⁾			
	Raízes	Parte aérea	Base no poder calorífico superior (PCS)	Base no poder calorífico inferior (PCI)	Equivalente em	
			MJ/ha	MJ/ha	kWh ⁽⁵⁾	Litros de etanol
Mogi Mirim ⁽¹⁾	38	25	98.150	82.875	69.063	4.421
Assis ⁽²⁾	28	20	78.520	66.300	55.250	3.537
Produtores selecionados ⁽³⁾	55	45	176.670	149.175	124.313	7.958

⁽¹⁾ Área colhida: 2.200 ha/ano; produção: 84.000 t/ano; média para 2001–2006.

⁽²⁾ Área colhida: 8.300 ha/ano; produção: 231.000 t/ano; média para 2001–2006.

⁽³⁾ Variedade IAC 14; colheita com 2 ciclos (18 a 24 meses). Observação dos autores.

⁽⁴⁾ Poder calorífico superior a 15,1 MJ/kg e poder calorífico inferior a 7,65 MJ/kg a 40% de umidade.

⁽⁵⁾ Uma residência popular consome, em média, 250 kWh/mês.

Fonte: ^(1,2) IEA (2007).

MANDIOCA PARA MESA

As variedades de mandioca atendem a um mercado e sistema produtivo totalmente diferentes do mercado industrial. Assim, o IAC sempre manteve dois programas de melhoramento. As variedades de mesa, além de bom desempenho agrônômico, devem ter características sensoriais típicas e agradáveis, normalmente correlacionadas com menor tempo de cozimento, e devem atender aos padrões de comercialização dos mercados modernos. Planejou-se alterar o padrão do mercado, ou seja, mudar variedades de polpa branca para amarela, pois, além de estas criarem novos padrões estéticos para o consumidor, são mais ricas em carotenoides, precursores da vitamina A, nutrientes altamente valorizados na alimentação moderna. Essas variedades também deveriam contribuir para a segurança alimentar em termos qualitativos – alimentos de maior valor nutricional e sem uso de defensivos – e quantitativos – maior produção de alimentos. Os resultados obtidos podem ser observados na Tabela 8.

A melhor variedade de mandioca de mesa desenvolvida pelo IAC é a variedade IAC 576-70. Seu desempenho agrícola é tão espetacular, comparada às demais variedades, que, atualmente, responde por 100% da mandioca de mesa comercializada em São Paulo. Também é comercializada, expressivamente, no Distrito Federal e em estados vizinhos a São Paulo.

Tabela 8. Produção, em valor absoluto e relativo, tempo de cozimento e cor da raiz de variedades de mandioca de mesa.

Variedade	Produção (t/ano)	Produção (%)	Tempo de cozimento ¹ (minutos)	Cor interna da raiz
Guaxupé	17,8	100	49	Branca
IAC Mantiqueira	26,1	147	46	Branca
IAC Jaçanã	21,2	119	32	Branca
IAC 14-18	26,8	151	34	Branca
IAC 59-210	25,4	143	42	Branca
IAC 576-70	29,9	168	32	Amarela

¹ De acordo com metodologia proposta por Pereira et al. (1985). Os valores relativamente altos para tempo de cozimento devem-se, entre outros fatores, à metodologia utilizada, que consiste em medir o tempo a partir do momento em que a água ferve, à pressão normal.

Fonte: Lorenzi et al. (1990).

A estabilidade da matéria-prima, em qualidade e quantidade, permitiu o aparecimento de pequenas indústrias de congelados minimamente processados, o que inovou os mercados regionais e da região metropolitana de São Paulo. Essa estabilidade contribui, fortemente, para a segurança alimentar nas áreas periféricas das regiões urbanas, pois produz o dobro das variedades antigas cultivadas em pequenas hortas pela população de baixa renda na periferia das cidades. A produção das variedades antigas era de cerca de 15 t/ha, enquanto a da IAC 576-70 é ao redor de 30 t/ha. As variedades brancas possuem 10 Unidades Internacionais (UI) de vitamina A, e a IAC 576-70 tem 220 UI (MEZETTI et al., 2009). Atualmente, esta é cultivada na periferia de todas as cidades do Estado de São Paulo.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Apesar de a mandioca não ter acompanhado o mesmo desenvolvimento tecnológico de outras culturas, como o milho e a soja, suas perspectivas para o futuro são espetaculares, pois o Brasil dispõe dos maiores e melhores recursos genéticos do mundo e de ambientes onde a mandioca, matéria-prima para alimentação humana e animal, e para energia, é altamente adaptada. Assim, poderão ser obtidas variedades rústicas que sejam resistentes às pragas e doenças, que possibilitem uma agricultura mais sustentável. Para

todas as pragas e doenças que atingiram importância, obtiveram-se fontes de resistência ou controle biológico.

O IAC já dispõe de clones em fase final de seleção que, além do alto desempenho agrícola, têm cerca de 800 UI de vitamina A. Há, aproximadamente, cinco anos, o IAC passou a estudar mandioca com vista à produção de energia com enfoque abrangente, ou seja, para a produção de biomassa e balanço energético. Os resultados são amplamente promissores: além das raízes amiláceas, utilizadas na produção de etanol, apenas as cepas (10% da biomassa) são capazes de suprir a energia necessária para a produção de etanol na indústria, restando ainda 30% da biomassa para alimentação animal ou para ser deixada no campo, como aporte de nutrientes no solo, favorecendo a sustentabilidade (LEAL et al., 2010).

Por ser uma cultura de pequenos agricultores, a mandioca permite modelos de negócios mais inclusivos, socialmente, como contraponto à cana-de-açúcar, que exige grande aporte de capital. O amido é uma das matérias-primas mais utilizadas na sociedade moderna, pois tem um grande número de aplicações na alimentação humana e como substituto biodegradável de derivados de petróleo. Abrem-se amplas possibilidades para obtenção de variedades com amidos naturalmente modificados, uma vez que a modificação industrial deixa resíduos poluentes e tóxicos. Para isso, é necessário o estudo de germoplasma e modernas técnicas de biotecnologia.

As metodologias de trabalho são outro fator a ser considerado no melhoramento de mandioca. É necessário reduzir o tempo de obtenção de novas variedades, que é muito longo e incompatível com a velocidade das mudanças da sociedade moderna. Um exemplo é a incorporação de marcadores moleculares para seleção precoce, que, além de acelerarem o processo de seleção, permitem trabalhar com populações grandes, fundamentais para o sucesso na seleção, pois a frequência de genótipos superiores em populações segregantes é diretamente proporcional ao tamanho da população trabalhada.

O fator mais importante no futuro do melhoramento de mandioca é a utilização de seus recursos genéticos como matéria-prima para:

- Variedades resistentes a estresses bióticos e abióticos, aproveitando-se os genes existentes, preservando-se a rusticidade para manter a competitividade, pois resistência genética não gera custos para o

agricultor; e sustentabilidade ambiental, pois utiliza-se de pequena quantidade de insumos agrícolas ou não necessita deles.

- Variedades com amidos diferenciados – pouquíssimo estudados – no germoplasma de mandioca, para mercados específicos com alto valor agregado.
- Variedades com alto valor alimentício para mercados urbanos à procura de alimentos com qualidade nutricional diferenciada e para populações de baixa renda que possam consumir alimentos de melhor qualidade.
- Variedades com aptidão para produção de energia.

REFERÊNCIAS

- ACQUAAH, G. **Principles of plant genetics and breeding**. New York: J. Wiley, 2009. 584 p.
- CORDEIRO, C. M. T.; ABADIE, T.; FUKUDA, W. M. G.; BARRETO, J. F.; BURLE, M. L.; CARDOSO, E. M. R.; CAVALCANTI, J.; COSTA, I. R. S.; FIALHO, J. F.; MAGALHÃES, J. R.; MARSCHALEK, R.; ROCHA, D. M. S.; VALLE, T. L. The Brazilian core collection of cassava. In: INTERNATIONAL SCIENTIFIC MEETING CASSAVA BIOTHNOLOGY NETWORK, 4., 2000, Salvador. **Cassava Biotechnology**. Brasília, DF: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 2000. v. 1, p. 102-110.
- FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. **Cultivos**. 2013a. Disponível em: <<http://faostat3.fao.org/faostat-gateway/go/to/browse/Q/QC/S>>. Acesso em: 13 set. 2013.
- FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. **Save and Grow: cassava: a guide to sustainable production intensification**. Rome, 2013b. Disponível em: <<http://www.fao.org/docrep/018/i3278e/i3278e.pdf>>. Acesso em: 10 set. 2013.
- GALERA, J. M. S. V.; VALLE, T. L. Utilización comparativa de información antropológica y biológica para el estudio de la diversidad genética en la mandioca. In: BARRIO, A. B. E. (Ed.). **Antropología aplicada en Iberoamérica**. Recife: Massangana: Fundação Joaquim Nabuco, 2008. p. 508-518.
- HOWELER, H. **Mineral nutrition and fertilization of cassava (Manihot esculenta Crantz)**. Cali: Centro Internacional de Agricultura Tropical, 1981. 52 p.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Banco de Dados Agregados: Sistema IBGE de recuperação Automática: SIDRA**. 2013. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/prevsaf/default.asp?z=t&o=26&i=P>>. Acesso em: 04 set. 2013.
- IEA. Instituto de Economia Agrícola. Coordenadoria de Assistência Técnica Integral. **Estatísticas de produção da agropecuária paulista**. 2007. Disponível em: <http://ciagri.iea.sp.gov.br/bancoiea/subjetiva.aspx?cod_sis=1&idioma=1>. Acesso em: 04 out. 2007.

LEAL, M. R. L. V.; VALLE, T. L.; FELTRAN, J. C.; CARVALHO, C. R. L. Outras matérias primas para etanol. In: CORTEZ, L. A. B. (Org.). **Bioetanol de cana de açúcar**. São Paulo: Blucher, 2010. p. 520-539.

LORENZI, J. O. **Mandioca**. 2. ed. Campinas: CATI, 2012. 129 p. (Boletim técnico CATI, 245).

LORENZI, J. O.; MONTEIRO, D. A.; CARVALHO, A. P. de; ASSIS, C. M. de O. A.; DEAK, L. G.; IGUE, T. Testes regionais de variedades de mandioca de mesa no Estado de São Paulo. **Bragantia**, Campinas, v. 49, n. 2, p. 391-401, 1990.

LORENZI, J. O.; MONTEIRO, D. A.; PEREIRA, A. S.; IGUE, T. Avaliação de variedades de mandioca no Estado de São Paulo. **Bragantia**, Campinas, v. 42, p. 79-89, 1983.

LORENZI, J. O.; MONTEIRO, D. A.; VALLE, T. L.; GODOY JUNIOR, G. Teor de ácido cianídrico em variedades de mandioca em quintais do Estado de São Paulo. **Bragantia**, Campinas, v. 52, n. 1, p. 1-5, 1993.

LORENZI, J. O.; MONTEIRO, D. A.; VALLE, T. L.; PEREIRA, A. S.; SABINO, J. C. Produção de sementes de mandioca com um e dois ciclos vegetativos. **Bragantia**, Campinas, v. 43, n. 2, p. 667-672, 1984.

LORENZI, J. O.; VALLE, T. L.; MONTEIRO, D. A.; PERESSIN, V. A.; KANTHACK, R. A. D. **Variedades de mandioca para o Estado de São Paulo**. Campinas: IAC, 1996. 23 p. (Boletim técnico, 162).

MEZETTI, T. F.; CARVALHO, C. R. L.; MORGANO, M. A.; SILVA, M. G. da; PARRA, E. S. B.; GALERA, J. M. S. V.; VALLE, T. L. Seleção de clones elite de mandioca de mesa visando a características agrônômicas, tecnológicas e químicas. **Bragantia**, Campinas, v. 68, n. 3, p. 601-609, set. 2009.

PEREIRA, A. S.; LORENZI, J. O.; VALLE, T. L. Avaliação do tempo de cozimento e padrão de massa cozida em mandiocas de mesa. **Revista Brasileira de Mandioca**, Cruz das Almas, v. 4, n. 1, p. 27-32, jun. 1985.

SALLA, D. A. **Análise energética de sistemas de produção de etanol de mandioca, cana-de-açúcar e milho**. 2008. 168 f. Tese (Doutorado em Energia na Agricultura) - Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Botucatu.

VALLE, T. L. Coleta de germoplasma de plantas cultivadas. In: SEMINÁRIO DE ETNOBIOLOGIA E ETNOECOLOGIA DO SUDESTE, 1., 2001, Rio Claro, SP. **Métodos de coleta e análise de dados em etnobiologia, etnoecologia e disciplinas correlatas**: anais. Rio Claro: Ed. da UNESP, 2002. v. 1, p. 129-154. Editores Maria Christina de Mello Amorozo, Lin Chau Ming, Sandra Maria Pereira da Silva.

VALLE, T. L. **Cruzamentos dialélicos em mandioca (*Manihot esculenta* Crantz)**. 1990. 180 f. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba.

VALLE, T. L. Histórico das principais variedades de mandioca na região Centro-sul do Brasil. In: REUNIÓN DE FITOMEJORADORES DE YUCA, 3., 1994, Santa Clara - Cuba.

Interface entre los programas de mejoramiento, los campos de los agricultores y los mercados de la yuca en Latinoamérica: memorias. Cali: CIAT, 1994. v. 1, p. 225-236. (Documento de Trabajo, 138). Editor Carlos A. Iglesias.

VALLE, T. L.; FELTRAN, J. C.; CARVALHO, C. R. L.; DEVIDE, A. C. P. Mandioca: energia e alimento para o mundo. **O Agrônômico**, Campinas, v. 59, p. 29-31, 2007.

VEIGA, J. P. S. **Caracterização de resíduos de colheita da mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) e avaliação do potencial de co-geração de energia no processo de produção de etanol.** 2012. 90 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

Trabalho recebido em 24 de fevereiro de 2014 e aceito em 2 de abril de 2014.