

# A BIOFORTIFICAÇÃO COMO FERRAMENTA PARA COMBATE A DEFICIÊNCIAS EM MICRONUTRIENTES

Marília Nutti; [marilia@ctaa.embrapa.br](mailto:marilia@ctaa.embrapa.br)  
José Luiz V. Carvalho; [jlvc@ctaa.embrapa.br](mailto:jlvc@ctaa.embrapa.br)  
Edson Watanabe; [edswat@ctaa.embrapa.br](mailto:edswat@ctaa.embrapa.br)  
Embrapa Agroindústria de Alimentos

## INTRODUÇÃO

Dietas com escassez de ferro e zinco podem ocasionar anemia, redução da capacidade de trabalho, problemas no sistema imunológico, retardo no desenvolvimento e até a morte. A anemia ferropriva é, provavelmente, o mais importante problema nutricional no Brasil, com prevalências da ordem de 30 até 80% em grupos de crianças menores de cinco anos de idade. Ressalte-se que esta deficiência ocorre independentemente da classe social ou da distribuição geográfica. As fontes mais importantes de ferro para a população brasileira são o feijão (32%) e carnes (20%), sendo que o potencial de absorção deste mineral em dietas é da ordem de 1 a 7%.

Embora a deficiência de zinco não seja tão estudada como aquela do ferro, certamente, considerando que os alimentos fonte destes nutrientes são os mesmos, é de se esperar que também ocorra alta incidência desta deficiência. Dados bioquímicos obtidos de grupos de nossa população associados à ingestão deste nutriente em dietas têm evidenciado esta probabilidade, e, portanto, não devemos considerá-la de menor importância. O zinco participa em mais de 300 enzimas, com ação no sistema imune, na expressão gênica, dentre inúmeras outras funções. Pouco se conhece sobre a deficiência de zinco nos países em desenvolvimento, porém sabe-se que usualmente, fontes ricas em ferro biodisponível também são ricas em zinco biodisponível.

A variação no teor de micronutrientes nos alimentos pode ser atribuída a: 1) características da planta, tais como a idade da planta, maturação, espécie, variedade, cultivar, dieta; 2) características do meio ambiente, como clima, solo, chuvas, estação do ano, e 3) fatores

de processamento, como tempo de armazenamento, temperatura, método de preservação, preparação do alimento.

Ressalte-se ainda a importância do cálcio, cuja ingestão alimentar em nosso país varia de 300 mg a 500 mg por dia, quando a recomendação sugerida pelas DRIs (Dietary Reference Intake) para a população dos USA e Canadá, é de 1.000 mg a 1.200 mg para a população adulta. Mesmo considerando ser o Brasil um país tropical, onde a população teria quantidades suficientes de vitamina D, e, portanto, maior eficiência de absorção e de utilização do cálcio, deve-se observar que atualmente, com os riscos de câncer de pele, a população está cada vez mais preocupada em se proteger dos raios UV, com a utilização de filtros solares que certamente diminuirão a síntese desta vitamina pelo organismo. Os efeitos desta conduta somente poderão ser avaliados em longo prazo, com a possibilidade de aumento da incidência de raquitismo, osteomalácia e osteoporose.

Outro elemento importante na área de nutrição é o selênio, não apenas pela sua importante ação no sistema de defesa antioxidante, mas também pela sua provável ação na diminuição do risco de câncer, ainda sob avaliação. No Brasil, o conteúdo de selênio nos alimentos varia em função do solo, e neste sentido os alimentos obtidos das regiões de São Paulo e Mato Grosso apresentam menor teor deste elemento, enquanto aqueles provenientes do Ceará e do Amazonas apresentam valores mais elevados. Observa-se ainda que a deficiência de selênio correlaciona-se com o estado nutricional do indivíduo em relação ao iodo, uma vez que para transformar T4 em T3 (forma ativa do hormônio da tireóide), há necessidade de uma deiodinase dependente de selênio.

A vitamina A é um micronutriente essencial para o bom funcionamento visual e imunológico da saúde humana. Estima-se que a deficiência de vitamina A tem um efeito significativo na saúde de crianças em idade escolar em cerca de 80 países em todo o mundo. A deficiência de Vitamina A é um sério problema nos países em desenvolvimento, provocando cegueira em milhares de crianças no mundo. O aumento da ingestão de pró-vitamina A ou carotenóides é uma das formas preconizadas para combater essa deficiência.

## INGESTÃO DE NUTRIENTES NO BRASIL

Dados da literatura indicam que no Brasil: a ingestão de alguns elementos (ferro, cálcio, zinco, selênio) encontra-se abaixo do recomendado ou possuem baixa biodisponibilidade nas dietas; havendo a indicação que os parâmetros bioquímicos estão abaixo dos valores de referência em grupos de risco da população, comprovando, portanto, a necessidade da intervenção. Acredita-se que a ação conjunta da comunidade científica, industrial e governo, seja uma solução viável para minimizar este problema, buscando alternativas para sua implementação.

Mais de 840 milhões de pessoas não consomem alimentos em quantidades suficientes para suprir suas necessidades diárias básicas de energia. Uma população muito maior – estimada em três bilhões de pessoas – sofre os efeitos traiçoeiros da deficiência de micronutrientes porque não têm condições financeiras para comprar carne vermelha, frango, peixe, frutas, legumes e hortaliças em quantidades suficientes. Mulheres e crianças da África Subsaariana, da Ásia Meridional, do Sudeste Asiático, da América Latina e do Caribe são aqueles que apresentam maior risco de contrair doenças, de morte prematura e de deterioração de sua capacidade cognitiva por consumirem dietas pobres em micronutrientes essenciais – particularmente ferro, vitamina a, iodo e zinco.

Dados da Organização Mundial de Saúde sobre deficiência de micronutrientes têm mostrado que este não é um problema apenas dos países em desenvolvimento, mas também de países desenvolvidos. A deficiência de minerais e vitaminas pode interferir em todo desenvolvimento do indivíduo, com conseqüências tanto do ponto de vista físico como social e econômico, interferindo mesmo no próprio desenvolvimento do país. Dentre os micronutrientes mais estudados, o ferro, a vitamina A e o iodo continuam sendo apontados como os de maior problema de saúde pública, tanto no Brasil como em nível mundial; observa-se ainda que o cálcio, o zinco, o selênio, o cobre, dentre outros elementos essenciais, são de extrema importância para uma nutrição adequada e o perfeito desenvolvimento do indivíduo.

## A FORTIFICAÇÃO DE ALIMENTOS COMO POLÍTICA PÚBLICA NO BRASIL

Os países que vêm adotando políticas públicas para solução dos problemas de deficiência de micronutrientes, têm obtido sucesso com programas de fortificação de alimentos e/ou suplementação medicamentosa. No Brasil, medidas neste sentido foram iniciadas com a fortificação do sal de cozinha com iodo, a fluoretação da água de abastecimento em algumas regiões e, mais recentemente, com a obrigatoriedade da fortificação das farinhas de trigo e milho com ferro e ácido fólico, visando diminuir os altos índices de anemia e o defeito do tubo neural, respectivamente.

A fortificação de alimentos com vitamina A e ferro, bem como a distribuição de suplementos destes micronutriente para a população alvo, têm sido as estratégias mais utilizadas na maioria dos países em desenvolvimento, para combater a hipovitaminose A e anemia ferropriva. Pesquisas recentes têm demonstrado que o desenvolvimento de plantas com maiores teores de vitamina A e outros minerais pode ajudar a melhorar a dieta humana, sendo este o objetivo deste projeto de pesquisa, que vem sendo desenvolvido pela EMBRAPA.

O trabalho que se realiza atualmente para combater a desnutrição nos países em desenvolvimento tem como enfoque o fornecimento de suplementos de vitaminas e minerais para mulheres grávidas e crianças pequenas, além da fortificação de alimentos com esses nutrientes através de processos pós-colheita. Muitos resultados já foram alcançados com esta estratégia. Em regiões com infra-estrutura adequada e que dispõem de mercados bem estabelecidos para a distribuição de alimentos processados, como sal, açúcar e farinhas de cereais, a fortificação de alimentos pode melhorar enormemente o consumo de micronutrientes por parte das populações vulneráveis.

## A BIOFORTIFICAÇÃO – UMA FERRAMENTA PARA MELHORAR A SAÚDE HUMANA

Entretanto, há limites para a fortificação e o fornecimento de suplementos comerciais. É possível que alimentos fortificados não alcancem uma grande parte da população necessitada devido à insuficiente infra-estrutura de distribuição. Do mesmo modo, a suplementação depende de um sistema de saúde com infra-estrutura altamente funcional, raramente encontrada em países em desenvolvimento. Assim, considerando que novos enfoques são necessários para complementar as intervenções já em andamento, surge a proposta da Biofortificação, como um novo paradigma para a agricultura e uma ferramenta para melhorar a saúde humana.

A introdução de produtos agrícolas biofortificados – variedades melhoradas que apresentam um conteúdo maior de minerais e vitaminas – complementar as intervenções em nutrição existentes e proporcionará uma maneira sustentável e de baixo custo para alcançar as populações com limitado acesso aos sistemas formais de mercado e de saúde. Uma vez que o investimento é feito no desenvolvimento de variedades nutricionalmente melhoradas em instalações centralizadas de pesquisa, as sementes obtidas poderão ser adaptadas às condições de crescimento de inúmeros países. Variedades biofortificadas apresentam o potencial de fornecer benefícios contínuos, ano após ano, nos países em desenvolvimento, a um custo recorrente inferior ao da suplementação e da fortificação pós-colheita.

A solução definitiva para a erradicação da desnutrição nos países em desenvolvimento é aumentar substancialmente, por parte da população carente, o consumo de carne vermelha, frango, peixe, frutas, legumes e hortaliças, o que pode demorar várias décadas e custar bilhões de dólares. Entretanto, a biofortificação faz sentido como parte de um enfoque que considere um sistema alimentar integrado para reduzir a desnutrição. A biofortificação ataca a raiz do problema da desnutrição, tem como alvo a população mais necessitada, utiliza mecanismos de distribuição incorporados, é cientificamente viável e efetiva em termos de custos, além de complementar outras intervenções em andamento para o controle da deficiência em micronutrientes. É, em suma, um primeiro passo essencial que possibilitará que famílias carentes melhorem, de uma maneira sustentável, sua nutrição e saúde.

### **Programa Desafio em Biofortificação *HarvestPlus***

O Programa Desafio em Biofortificação *HarvestPlus* foi elaborado com o objetivo de melhorar a qualidade nutricional das principais culturas alimentares, adaptadas a zonas marginais do mundo, idealizado para assegurar que os avanços da ciência e tecnologia sejam aplicados para enriquecer a dieta alimentar das populações mais pobres do mundo, que praticam agricultura de subsistência e vivem nas zonas marginais dos trópicos.

O enfoque da biofortificação tem como base princípios científicos sólidos. Pesquisas preliminares analisaram a viabilidade do emprego do melhoramento de plantas, para aumentar o conteúdo de micronutrientes de produtos agrícolas de primeira necessidade; identificando as seguintes premissas: existe uma considerável e útil variação genética em produtos agrícolas básicos; os programas de melhoramento podem facilmente manejar características de qualidade nutricional, uma vez que estas, em alguns produtos agrícolas, são herdadas em alta proporção e fáceis de serem selecionadas; características desejáveis são suficientemente estáveis em uma

grande diversidade de ambientes agrícolas; e características de alto conteúdo de nutrientes podem ser combinadas com características agronômicas de qualidade superior e com características de alto rendimento.

O Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) e o Instituto Internacional de Pesquisa sobre Políticas Alimentares (IFPRI) coordenam as atividades de fitomelhoramento, nutrição humana, difusão, análise de políticas e avaliação de impacto, que serão realizadas em centros internacionais de pesquisa e de extensão agrícola e em departamentos de ciência vegetal e nutrição humana em universidades de países desenvolvidos e em desenvolvimento. Organizações não governamentais (ONGs) de países desenvolvidos e em desenvolvimento, organizações de agricultores e parcerias do setor público-privado fortalecerão esta aliança e promoverão o vínculo com os consumidores. Os trabalhos iniciais de biofortificação se concentrarão em seis produtos agrícolas de primeira necessidade, para os quais estudos de pré-viabilidade de melhoramento já foram concluídos: feijão, mandioca, milho, arroz, batata-doce e trigo. O programa também estudará o potencial de melhoramento do teor de nutrientes em outros 10 produtos, que são componentes importantes das dietas das populações que sofrem de deficiência de micronutrientes: banana, cevada, feijão caupi ou feijão de corda, amendoim, lentilha, milheto, feijão guandu, batata, sorgo e inhame.

O *HarvestPlus* é uma iniciativa do Grupo Consultivo sobre Pesquisa Agrícola Internacional (CGIAR), envolvendo não só diversos centros de pesquisa deste grupo como o Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Centro Internacional de Melhoramento de Milho e Trigo (CIMMYT), Centro Internacional de Batata (CIP), Centro Internacional de Pesquisa Agrícola em Zonas Áridas (ICARDA), Instituto Internacional de Pesquisa de Produtos Agrícolas para o Trópico Semi-Árido (ICRISAT), Instituto Internacional de Pesquisa sobre Políticas Alimentares (IFPRI), Instituto Internacional de Agricultura Tropical (IITA); Instituto Internacional de Pesquisa em Arroz (IRRI), além de diversas instituições parceiras colaboradoras como os Sistemas Nacionais de Pesquisa Agrícola (SNPA) em países em desenvolvimento; departamentos de nutrição humana em universidades em países desenvolvidos e em desenvolvimento; ONGs; Adelaide University; Freiburg University; Michigan State University; US Plant, Soil, and Nutrition Laboratory, Departamento de Agricultura dos Estados Unidos; Serviço de Investigação Agrícola (USDA-ARS); Children's Nutrition Research Center, Baylor College of Medicine, USDA-ARS.

O Programa Desafio em Biofortificação *HarvestPlus* foi concebido para um período de 10 anos e conta com apoio financeiro da Fundação Bill e Melinda Gates, Agência Dinamarquesa para o Desenvolvimento

Internacional (DANIDA), Agência Suíça para o Desenvolvimento Internacional (SIDA), Agência Americana para o Desenvolvimento Internacional (USAID) e Banco Mundial.

Os objetivos do *HarvestPlus* são:

**De 1 a 4 anos:**

- Determinar objetivos de melhoramento que sejam nutricionalmente ótimos.
- Selecionar germoplasma do CGIAR quanto a níveis altos de ferro, zinco e beta-caroteno. Iniciar cruzamentos do germoplasma selecionado que possua adaptação e alto rendimento.
- Fazer levantamento sobre práticas de cultivo e processamento de alimentos, determinando seu efeito no conteúdo e biodisponibilidade de micronutrientes.
- Estudar a genética relacionada aos altos níveis de micronutrientes e identificar os marcadores disponíveis para facilitar a transferência de características através de melhoramento convencional e de novas técnicas de melhoramento.
- Conduzir estudos *in vitro* e com animais para determinar a biodisponibilidade dos altos conteúdos de micronutrientes em linhagens promissoras.
- Iniciar estudos de bioeficácia em humanos para determinar o efeito biológico dos produtos biofortificados nos níveis de micronutrientes na nutrição.
- Iniciar estudos de identificação de tendências – e fatores que as determinam – na qualidade da dieta de populações carentes.
- Conduzir análise de custo-benefício do melhoramento de plantas e de outras intervenções relacionadas à alimentação para controlar a deficiência de micronutrientes.

**De 5 a 7 anos:**

- Continuar os estudos de bioeficácia.
- Iniciar o trabalho de melhoramento com a participação dos agricultores.
- Adaptar linhagens de alto rendimento, convencionalmente melhoradas e com altos teores de micronutrientes, para as regiões selecionadas.
- Disponibilizar aos agricultores novas variedades biofortificadas convencionalmente melhoradas.
- Identificar sistemas de genes com potencial para aumentar o valor nutricional além do conseguido com métodos de melhoramento convencional.
- Produzir linhagens transgênicas em nível experimental e selecioná-las quanto ao seu conteúdo de micronutrientes. Testá-las quanto ao atendimento às normas de biossegurança.
- Desenvolver e implementar estratégia de marketing para promover as variedades melhoradas.

- Iniciar produção e distribuição.

**De 8 a 10 anos:**

- Aumentar a escala de produção e de distribuição das variedades melhoradas.
- Determinar a eficácia nutricional do programa e identificar fatores que afetam a adoção dos alimentos biofortificados, o impacto nos recursos das famílias carentes e os efeitos na saúde dos indivíduos.

### **O *HarvestPlus* no Brasil**

No Brasil, o principal componente do *HarvestPlus* até a presente data, é o Projeto Biofortificação de Produtos Agrícolas para Nutrição Humana. Este projeto tem como objetivo a definição de populações segregantes de mandioca, feijão e milho com potencial agrônomico e maior valor nutricional (teores mais elevados de ferro, zinco e pró-vitamina A), o que poderá melhorar a saúde da população e promover o desenvolvimento sustentável, maior igualdade social e maior uso desses produtos no mercado internacional.

Até o momento fazem parte da rede de pesquisa deste projeto a Embrapa Agroindústria de Alimentos, Embrapa Arroz e Feijão, Embrapa Mandioca e Fruticultura, Embrapa Milho e Sorgo, Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, Embrapa Meio Norte e Unicamp, tendo sido proposto a inclusão da Embrapa Solos, para o fornecimento de dados referentes à composição de micronutrientes nos solos brasileiros.

Os alimentos contemplados no programa *HarvestPlus* já são largamente produzidos e consumidos em nosso país, o que significa que agricultores e consumidores não têm que mudar seus hábitos alimentares para se beneficiar da biofortificação. Além do mais, o trabalho de melhoramento para aumentar o conteúdo de minerais não deve necessariamente alterar a aparência, o sabor, a textura ou a qualidade culinária do alimento.

Nos casos em que um alto teor de micronutrientes puder ser combinando com um alto rendimento, a adoção por agricultores e mercados dos produtos melhorados está praticamente garantida. Na verdade, pesquisas que demonstram que altos níveis de minerais em sementes também contribuem para a nutrição da própria planta têm alimentado as expectativas quanto ao aumento da produtividade de linhagens biofortificadas.

Uma forma de se assegurar que os agricultores tenham interesse pelas novas variedades é permitir que eles opinem sobre quais características devem ser melhoradas nas plantas. Durante o processo de melhoramento de plantas, os cientistas levam em consideração as perspectivas e preferências dos agricultores, sendo mais efetivo em termos de custos, do que confinar o melhoramento às estações de pesquisa.

Um problema comum em muitos países em desenvolvimento é a falta de um sistema de entrega e distribuição de produtos – sejam eles insumos para a saúde ou produtos agrícolas – às populações mais carentes. O *HarvestPlus* está superando esta limitação mediante o uso de tecnologias que têm como base a semente, próprias ao enfoque da biofortificação. Quando alimentos ricos em micronutrientes são cultivados em propriedades familiares, o sistema de distribuição de micronutrientes é incorporado ao processo existente de produção e mercado. Uma vez que os agricultores tenham adotado a nova semente, pouca intervenção ou investimento é necessário. Além do mais, sementes ricas em micronutrientes podem ser facilmente guardadas ou compartilhadas até mesmo pelas famílias mais pobres.

Os centros da EMBRAPA possuem experiência valiosa na criação e promoção de sistemas locais de distribuição de sementes, graças ao trabalho que atualmente desenvolvem com os sistemas de produção de sementes e à sua contribuição aos programas que prestam auxílio durante os desastres naturais. Esses sistemas, já estabelecidos, oferecem uma via natural para a disseminação de sementes biofortificadas. Em particular, os comitês agrícolas locais e as pequenas empresas de

sementes desempenharão um papel crucial na tarefa de fazer chegar às mãos dos agricultores as variedades ricas em micronutrientes.

## **RESULTADOS JÁ ALCANÇADOS E CONSIDERAÇÕES FINAIS**

No primeiro ano do projeto, foram selecionados e multiplicados cerca de 3.000 variedades de mandioca, feijão e milho, aproximadamente 1.000 de cada cultivo, que serão avaliados quanto aos teores de ferro, zinco, carotenóides totais e beta-caroteno. As variedades promissoras serão trabalhadas pelos melhoristas, em atividades de melhoramento participativo, para o desenvolvimento de variedades biofortificadas. Espera-se ainda durante o ano de 2005 realizar os estudos de retenção de beta-caroteno em mandioca e ferro e zinco em feijão, em variedades convencionais, para estimativas das perdas destes nutrientes no processamento e na estocagem.

Este projeto prevê ainda interessante integração entre os países da América Latina e Caribe, África e Sudeste Asiático, com a expectativa que o Brasil irá desenvolver e transferir não só os cultivos biofortificados, mas também tecnologia pós-colheita para estes cultivos.