



16 a 20  
outubro  
2016

Centro de  
Convenções de  
GOIÂNIA - GO

# Avanços do programa HarvestPlus de biofortificação e sua contribuição para redução da desnutrição no mundo.

*José Luiz Viana de Carvalho*

**BioFORT**



**Embrapa**

# Fome Oculta

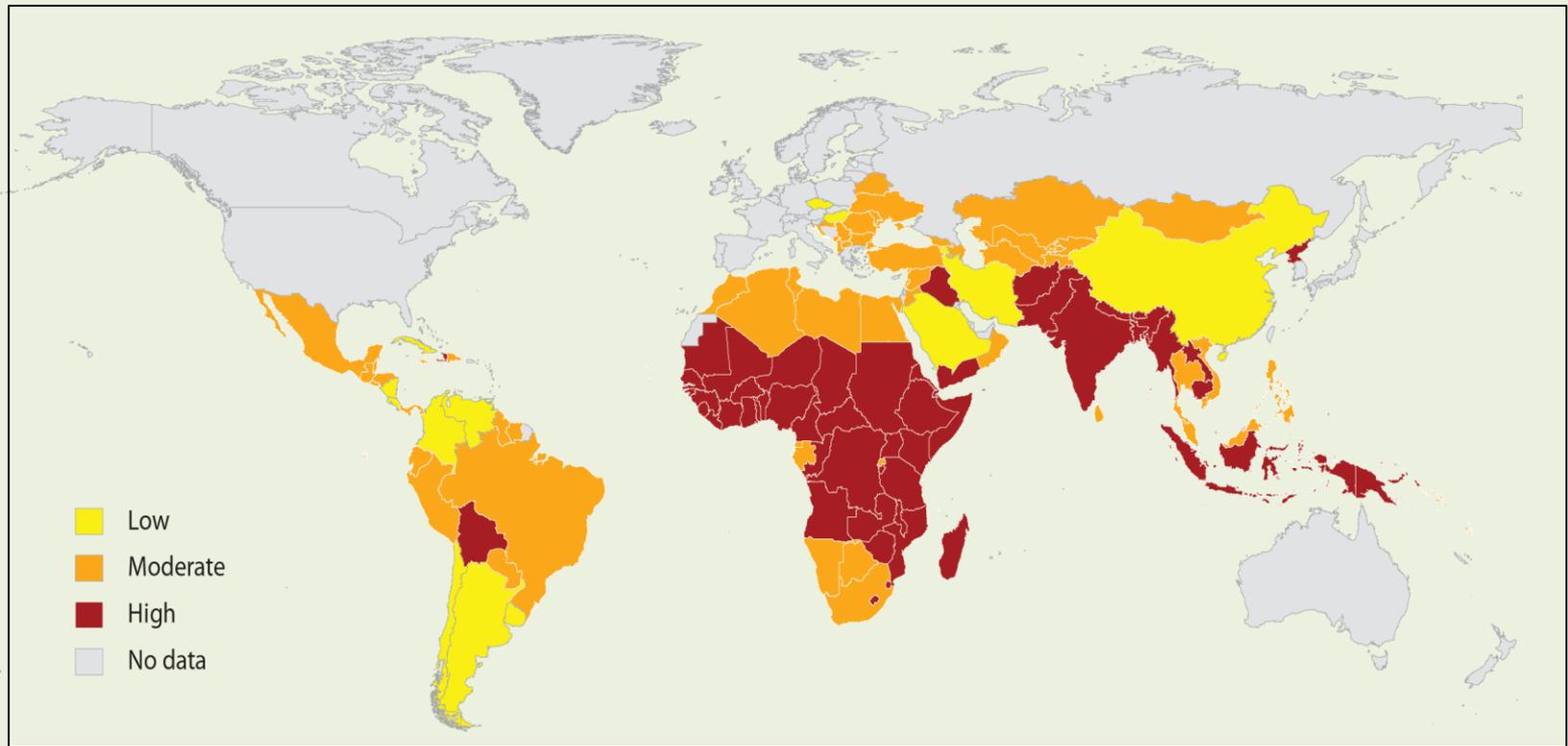
A group of children, including a woman holding a baby, looking towards the camera. The woman in the center is wearing a striped shirt and holding a baby. Other children are visible around her, some looking directly at the camera and others looking down. The background is a bright, outdoor setting, possibly near water.

2 bilhões+ afetados

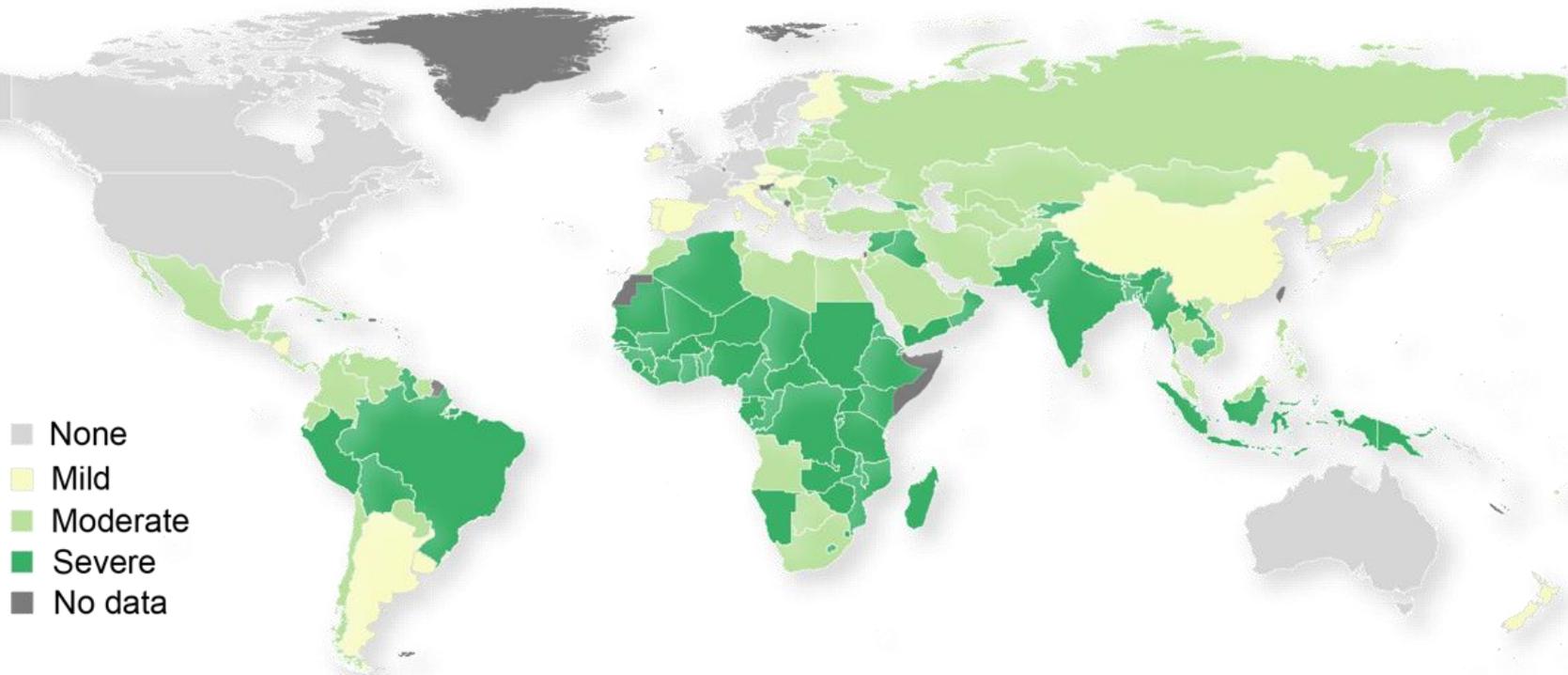
Foto: C. Hotz



# Global prevalence of micronutrient deficiencies

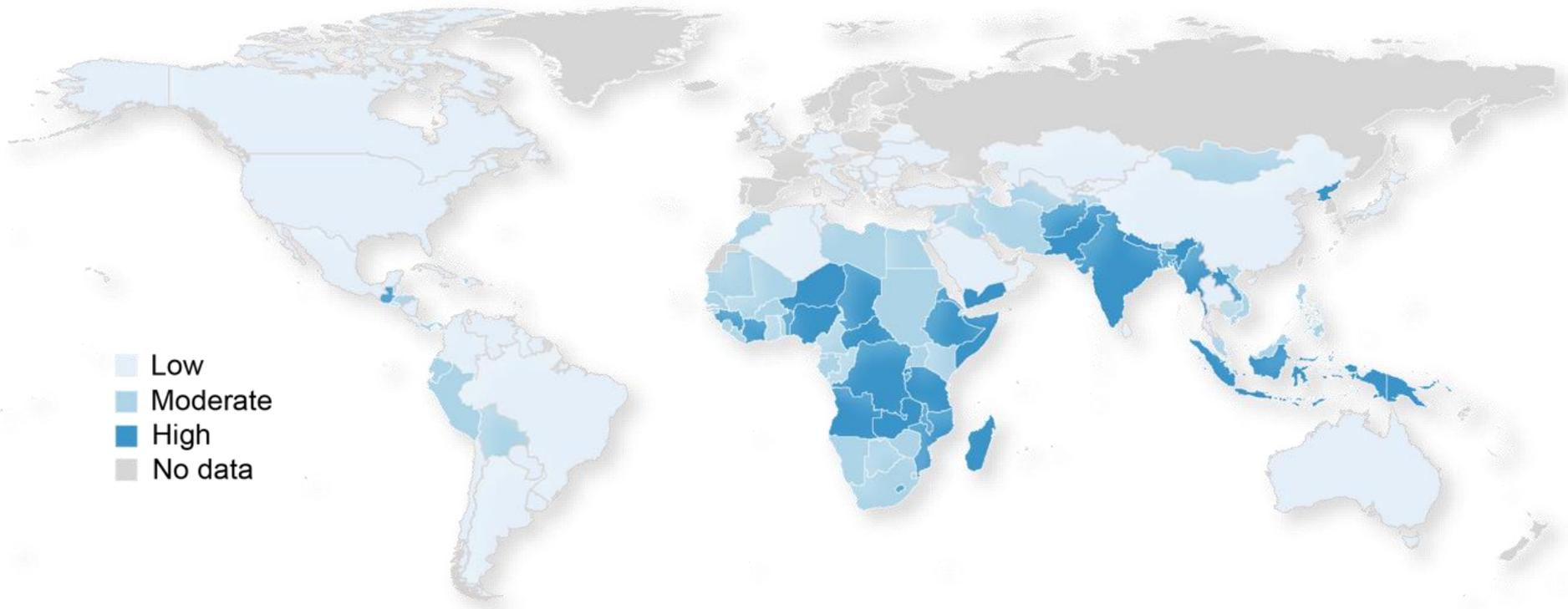


This map details worldwide severity of the most common micronutrient deficiencies — vitamin A, anemia, and zinc — using World Health Organization (WHO) children under 5 prevalence data. This does not include prevalence of iodine. Severity was coded using a 3-point weighting system based on levels of public health significance cut-offs (low, moderate, and high)



Source: <http://www.harvestplus.org/content/iron>

iron deficiency



Source: <http://www.harvestplus.org/content/zinc>

# zinc deficiency

# Deficiência de Nutrientes

- As deficiências de ferro e vitamina A são as formas mais comuns de má nutrição com consequência na saúde pública.
- A prevalência da deficiência de zinco também é significativa, uma vez que as deficiências de micronutrientes não ocorrem isoladamente.
  - **No Brasil, cerca de 50% das crianças em idade escolar sofrem de algum tipo de deficiência em ferro.**
- **No Brasil, anemia afeta também gestantes e nutrizes das populações carentes.**

# O que é Biofortificação?

Biofortificação é uma intervenção nutricional específica, com o objetivo de aumentar o conteúdo de micronutrientes em alimentos com a utilização de práticas agronômicas e melhoramento de plantas. Diferente da fortificação de alimentos, que ocorre durante o processamento, a biofortificação ocorre com o aumento do conteúdo de micronutrientes da planta.

Beneficia tanto as famílias de agricultores que produzem para consumo próprio, assim como as famílias urbanas e rurais que compram alimentos biofortificados.

# Porque Biofortificação?

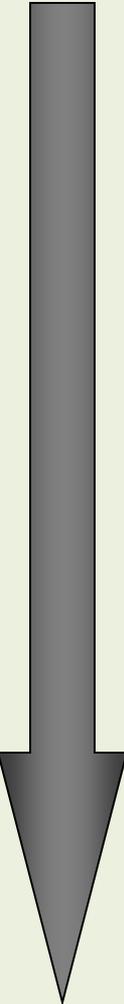
**Programas agrícolas específicos** e redes de segurança social podem ter um papel importante na mitigação dos efeitos potencialmente negativos de choques ambientais e mudanças globais e ambientais provocadas pelo homem, bem como no apoio à subsistência, segurança alimentar, qualidade da dieta e do empoderamento das mulheres, visando alcançar escala e alta cobertura de famílias e indivíduos nutricionalmente em risco.

- **A viabilidade e a eficácia** da batata-doce laranja com alto teor de vitamina A para aumentar a ingestão materna e infantil deste nutriente e melhoria do estado nutricional **foi demonstrada**, evidências da eficácia de biofortificação continuam a serem apresentadas para outros micronutrientes e combinações de cultivos.

# Porque Biofortificação?

- Preocupação com a possibilidade de intervenções existentes (suplementação e fortificação) não terem eliminado a fome oculta, podendo ser complementadas com outro tipo de intervenção.
- Alimentos básicos são consumidos em todos os lares, principalmente nos mais vulneráveis.
- Através do melhoramento convencional, foi possível aperfeiçoar as características agronômicas dos cultivos (ex: produtividade).

*Seria possível aumentar o conteúdo nutricional de cultivos básicos através de melhoramento convencional e, assim, contribuir para eliminar a fome oculta e a desnutrição?*



# Quem está fazendo Biofortificação?



- HarvestPlus - é uma aliança mundial de instituições de pesquisa e de entidades executoras que se uniram para melhorar e disseminar produtos agrícolas que contribuam para uma melhor nutrição.
  - Coordenada pelo International Center for Tropical Agriculture (CIAT) e pelo International Food Policy Research Institute (IFPRI).
  - Ambos são membros do CGIAR: Consultative Group on International Agricultural Research.



- A Embrapa faz parte desta aliança .

The logo consists of several thick, dark green curved lines that form a stylized, abstract shape resembling a leaf or a plant. Below this graphic, the text "HarvestPlus" is written in a bold, sans-serif font. "Harvest" is in dark blue and "Plus" is in dark green.

**HarvestPlus**

Breeding Crops for Better Nutrition

## *Nossa Visão*

### Uso da biofortificação para:

- Melhorar substancialmente a saúde através da redução da deficiência em micronutrientes.
- Melhorar a produtividade na agricultura.
- Alcançar as mais remotas famílias de agricultores.

*Suplementação*

*Fortificação*

**Biofortificação**

*Diversificação  
Alimentar*

Biofortification is the name given to the process of enriching the nutrient content of plants as they grow. (Jeong and Guerinot, 2008).



**Custo-benefício: um investimento único  
em pesquisa**

**GRUPO ALVO:** PESSOAS EM SITUAÇÃO DE POBREZA,  
CONSUMIDORES DE CULTIVOS BÁSICOS, CRIANÇAS <5 ANOS,  
GESTANTES E NUTRIZES.

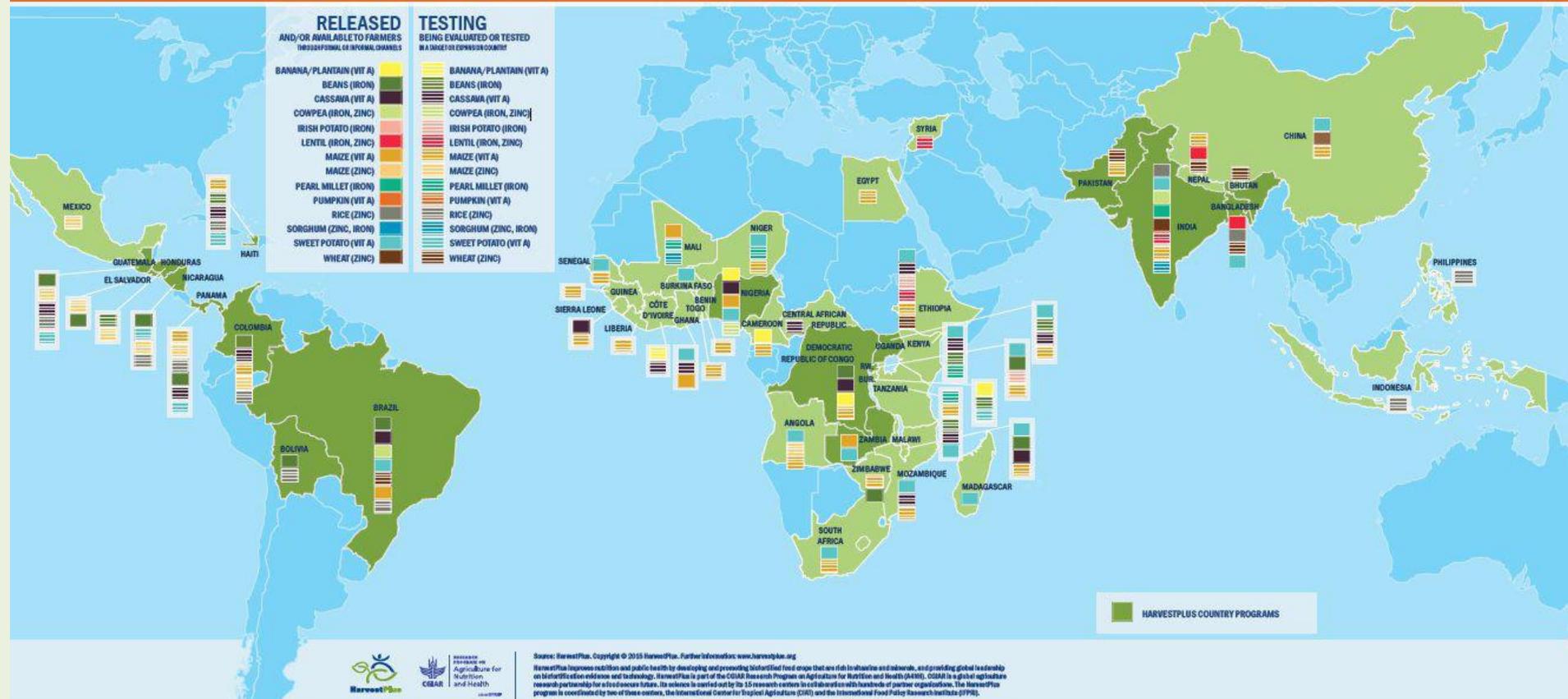


# Sustentável para produtores



# Cultivos biofortificados no mundo

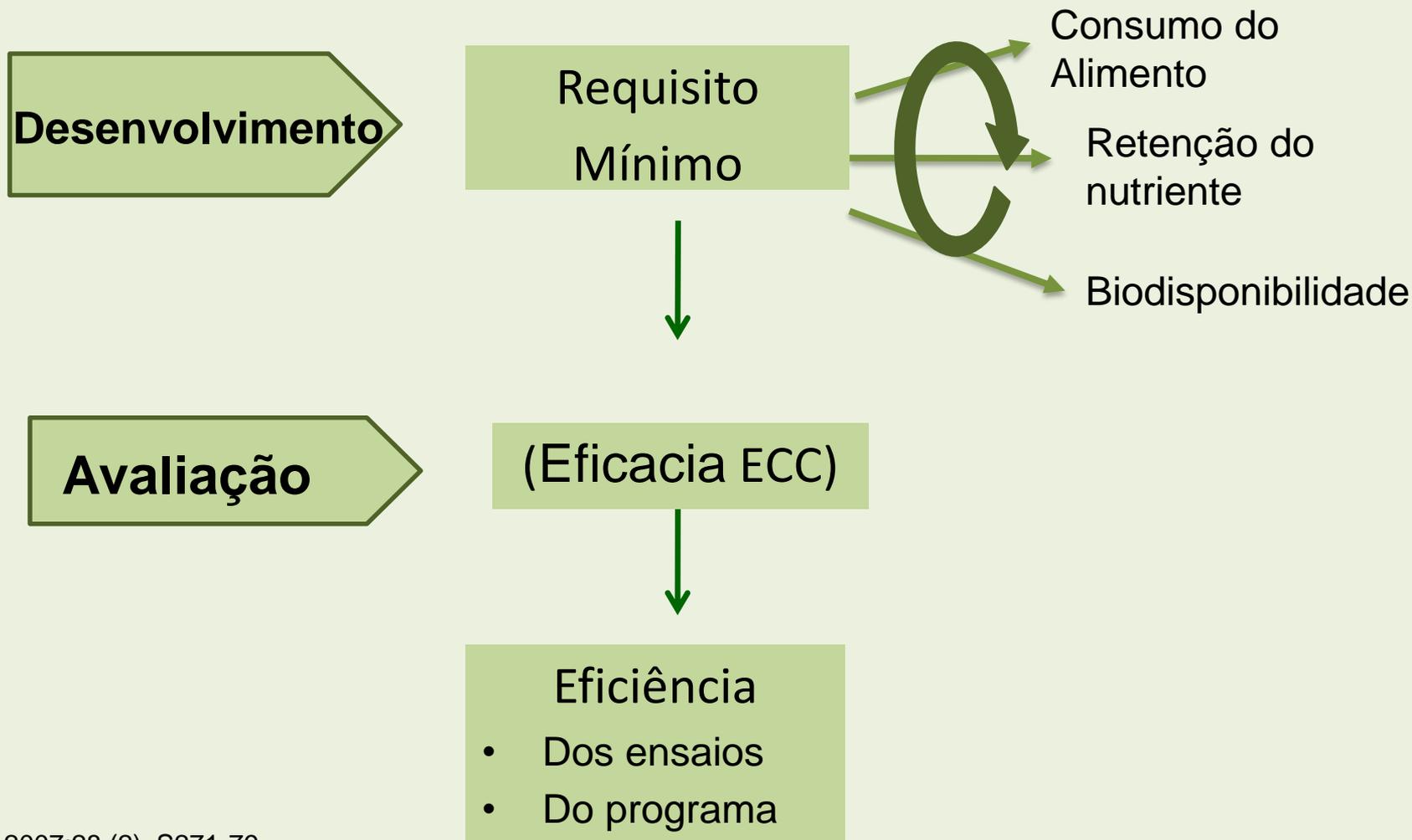
## NUTRITIOUS STAPLE FOOD CROPS: WHO IS GROWING WHAT? These crops have been conventionally bred to be rich in essential vitamins and minerals that are needed for good health.



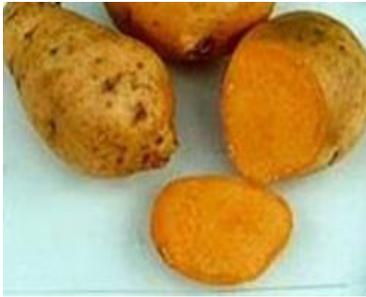
# Princípios

- Que as populações alvo tenham ingestão insuficiente de vitaminas e minerais essenciais que determinam a deficiência nutricional e seus efeitos (contexto).
- O aporte adicional de nutrientes à dieta tradicional irá diminuir o déficit e melhorar o estado nutricional de forma mensurável (limites de biomarcadores atuais).
- Variabilidade da concentração de Fe, Zn, CPVAs em cultivos básicos.

# HarvestPlus: Fases de pesquisa em Nutrição



# CULTIVOS BIOFORTIFICADOS CON PROVITAMINA A



# Mandioca (*Manihot esculenta Crantz*)

A maioria das variedades consumidas e amplamente disponíveis de mandioca são brancas e não contêm quase nenhum beta-caroteno. As variedades amarelas, com beta-caroteno, são originárias da região amazônica da América Latina, onde ainda são consumidas atualmente (Pena Venegas 2014). Essas variedades foram criadas em cruzamentos com castas brancas para gerar as variedades amarelas adaptadas a diferentes condições ambientais. O nível-alvo do melhoramento é **15 ppm de beta-caroteno** (HarvestPlus 2014).

- ***Retenção***

A mandioca pode ser consumida tanto cozida quanto no vapor para variedades com baixo cianeto, mas quase sempre é beneficiada e transformada em farinha. O beneficiamento é um passo importante para reduzir a concentração de cianeto, sendo que as etapas consistem em fermentação, ralagem, secagem, moagem, torrefação e muitas outras, e dependem da preferência e dos costumes de uma população. O beneficiamento tem um efeito negativo sobre as concentrações de beta-caroteno. Num estudo realizado por Chavez et al, a retenção verdadeira do beta-caroteno foi a mais elevada para a secagem da mandioca amarela via secagem em estufa (**72%**), seguida pela secagem à sombra (**59%**) e secagem ao sol (**38%**) (Chavez 2007). O mesmo estudo chegou a uma média de retenção de **51%** para a fervura, mas com grande variação entre os diferentes cultivares (**27-83%**), semelhante à de um estudo de Carvalho et al (**35-97%**)

# Mandioca (*Manihot esculenta Crantz*)

- ***Biodisponibilidade e absorção***
- Vários estudos de células demonstraram que o beta-caroteno da mandioca é **biodisponível in vitro** (Thakkar de 2007, Thakkar 2009, Gomez 2013, Berni 2015) e também mostraram que a **biodisponibilidade do beta-caroteno da mandioca frita foi maior do que o de mandioca cozida** (Thakkar 2009, Gomez 2013 ). Isto pode ser explicado pela quantidade de gordura que é necessária para a micelização do beta-caroteno.
- O beta-caroteno dos alimentos tem que ser convertido em retinol (vitamina A) no corpo. A eficiência desta conversão depende de vários fatores, e é diferente para cada cultura. Foram realizados dois estudos em animais com a ingestão de mandioca amarela, o primeiro, em ratos, mostrou que **o beta-caroteno do plasma aumentou** após 4 semanas de ingestão (Phorbee 2013), e o segundo, com gerbilos (ratos-do-deserto), mostrou que, após 4 semanas de ingestão, o **beta- alimentação caroteno do alimento é convertido em retinol**, a uma taxa de conversão de 3,7 µg de beta-caroteno a 1 µg de retinol (**3,7: 1**) (Howe 2009)
- Um estudo em humanos com voluntários saudáveis nos EUA mostrou uma taxa de conversão de **4,5: 1** (LaFrano 2013). Todos esses valores de conversão são melhores do que a taxa de conversão atualmente aconselhada de **12: 1** pelo IOM (IOM 2000); no entanto, precisa ser comprovado se essas taxas de conversão são semelhantes nas respectivas populações-alvo.

# Mandioca (*Manihot esculenta Crantz*)

- ***Eficácia***
- Um estudo de eficácia em crianças de escolas quenianas mostrou que o consumo de mandioca amarela (4-7 ppm de beta-caroteno) durante quatro meses aumentou o status da vitamina A em 0,04  $\mu\text{mol/L}$ . Os autores concluíram que esse efeito significativo, embora pequeno, pode ser aumentado usando-se variedades de mandioca com mais beta-caroteno (Talsma 2015, submetido).

# Batata-doce (*Ipomoea batatas* (L.) Lam)

A batata-doce é um alimento básico e disponível em diferentes cores, da branca, contendo quase nenhum beta-caroteno, até a amarela e também laranja, com alta concentração de beta-caroteno. Quanto mais forte for a cor, mais beta-caroteno a batata-doce contém. A batata-doce atingiu a sua meta de melhoramento **de 32 ppm de beta-caroteno**, sendo que já foram liberadas variedades com mais de 32 ppm de beta-caroteno (HarvestPlus 2014).

- ***Retenção***

O principal método de preparação da batata-doce é o cozimento, mas também é comum fritar e assar. Têm sido realizados vários estudos de retenção para avaliar o efeito do processamento na retenção do beta-caroteno na batata-doce. Os diferentes métodos de secagem da batata-doce resultaram em uma taxa de retenção variando **de 66-95%** (secagem ao sol ou em forno) (Bechoff 2009, Bengtsson 2008, Bechoff 2010,). Quanto mais tempo a batata-doce seca ficar armazenada, tanto maior será a perda de beta-caroteno, e esta dependerá parcialmente da embalagem (Bechoff 2010). O cozimento resulta em uma retenção de **80-90%** (Jaarsveld 2006, Bengtsson 2008, Wu 2008) e depende também da duração da cozedura e da emersão total da batata-doce em água durante o cozimento (Wu 2008). Fritar e assar resultaram em uma retenção de **69-85%** (Bengtsson 2008, Wu 2008).

# Batata-doce (*Ipomoea batatas* (L.) Lam)

- ***Biodisponibilidade e absorção***
- Vários estudos em células mostraram que o beta-caroteno da batata-doce é biodisponível in vitro (Berni 2015, Failla 2009, Tumuhimbise 2009, Bechoff 2011, Bengtsson 2010) embora relatado como sendo baixo. A adição de óleo à porção de batata-doce mostrou aumentar a biodisponibilidade em vários estudos in vitro (Failla 2009, Bechoff 2011, Bengtsson 2010).
- Um estudo com gerbilos alimentados com batata-doce biofortificada durante três semanas mostrou uma taxa de conversão de beta-caroteno em retinol de **6,5: 1** para uma dieta de baixa gordura e **3,5: 1** para uma dieta rica em gordura, indicando também os benefícios da gordura para a conversão (Mills 2009).
- ***Eficácia***
- A eficácia da batata-doce para melhorar o status da vitamina A nas crianças já foi comprovada **em crianças na África do Sul e em Moçambique** e em homens em **Bangladesh**. Na África do Sul, um estudo de eficácia com crianças de escolas primárias mostrou que as crianças que consumiram a batata-doce laranja durante 53 dias letivos **tiveram um melhor armazenamento de vitamina A no fígado** (estimado com o teste dose-resposta modificado) em comparação com as crianças do grupo de controle (Jaarsveld 2005).

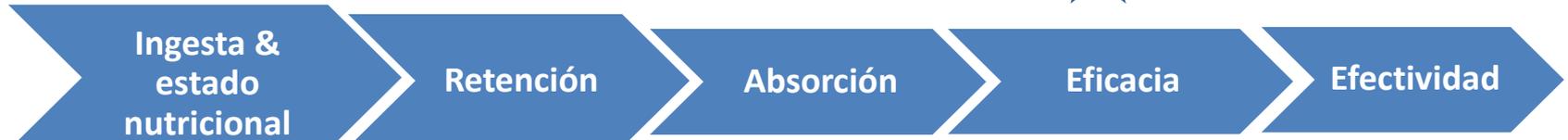
# Batata-doce (*Ipomoea batatas* (L.) Lam)

Um estudo de dois anos em Moçambique (estudo de eficácia com elementos de efetividade) mostrou que o **estudo de intervenção aumentou o consumo de batata-doce laranja para três vezes por semana**, sendo que o status da vitamina A também foi significativamente melhorado **em 0,1  $\mu\text{mol/L}$**  (Low 2007). Uma intervenção de dois meses com **uma dose diária de batata-doce com homens em Bangladesh** resultou em um aumento estimado dos estoques de vitamina A **no fígado de 0,029 mmol**, sendo que a equivalência de vitamina A foi estimada em **13: 1** (Haskell 2004). No entanto, um estudo realizado com mulheres em Bangladesh com consumo de batata-doce laranja por 10 semanas **não conseguiu melhorar o status da vitamina A nas mulheres**, mas encontrou uma maior concentração de beta-caroteno, **provavelmente porque as mulheres não tinham deficiência de vitamina A no início do estudo**. (Jamil 2012)

# Batata-doce (*Ipomoea batatas* (L.) Lam)

- ***Efetividade***
- Foram realizados dois testes de efetividade com a batata-doce biofortificada. O estudo em Moçambique mostrou que, após 2 anos de intervenção, a ingestão de vitamina A das mulheres e das crianças foi **aumentada significativamente** pelo consumo da batata doce. O efeito sobre o status da vitamina A não foi medido. **Esta pesquisa mostrou uma adoção do cultivo por 77% dos agricultores e dos consumidores** (Hotz 2012).
- Outra análise recente desta intervenção também mostrou **que as crianças que consumiram batata-doce tiveram menos diarreia e a duração também foi reduzida nesse grupo** (Jones 2015).
- Outro estudo realizado em Uganda mostrou também **que a ingestão de vitamina A foi aumentada pelo consumo da batata doce**. Uma análise de subgrupo neste estudo mostrou também que o status da vitamina A melhorou significativamente para as crianças, mas não para as mulheres (Hotz 2012).

# Investigación nutricional a la fecha (Junio 2015)



V  
A

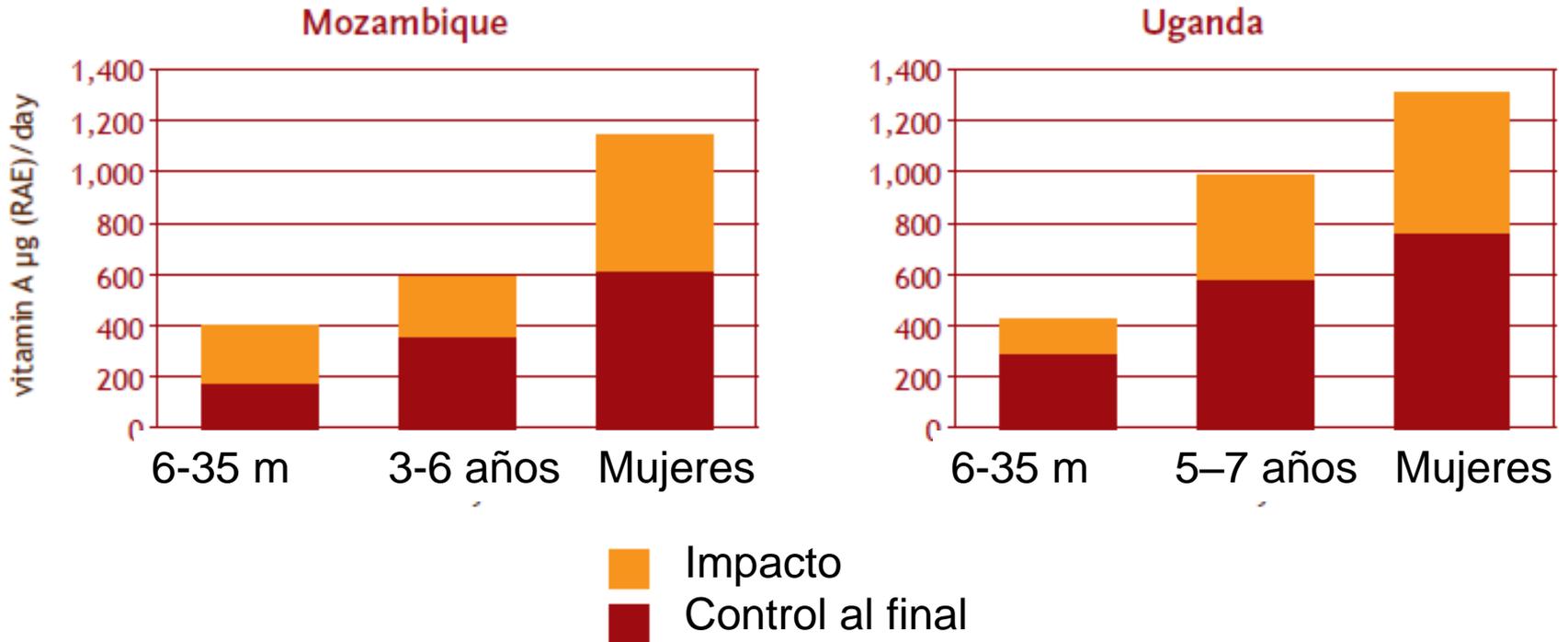
Fe

Z  
n

	Ingesta & estado nutricional	Retención	Absorción	Eficacia	Efectividad
<b>CAMOTE</b>	✓	✓	✓	✓	✓
<b>MAIZ</b>	✓	✓	2✓	✓	2015-17
<b>YUCA</b>	✓	✓	2✓	✓	2015-17
<b>FRIJOL</b>	✓	✓	3✓	✓	<b>2015-17</b>
<b>MIJO PERLA</b>	✓ ✓	✓	2✓	✓	2015-17
<b>ARROZ</b>	✓	✓	2016	2016-17	2018-20
<b>TRIGO</b>	✓	✓	✓	2014-15	2016-18
<b>Completo: ✓</b>					

# Impacto: ingesta de vitamina A +50%

Impacto de la introducción sobre ingesta promedio de vitamina A ( $\mu\text{g}$  EAR/día) en Mozambique y Uganda



# 11.4% menos diarrea en <5 años



[www.elsevier.com/locate/worlddev](http://www.elsevier.com/locate/worlddev)



CrossMark

<http://dx.doi.org/10.1016/j.worlddev.2015.04.007>

*World Development* Vol. 74, pp. 15–24, 2015  
0305-750X/© 2015 The Authors. Published by Elsevier Ltd.  
This is an open access article under the CC BY-NC-ND license  
(<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

## Using Agriculture to Improve Child Health: Promoting Orange Sweet Potatoes Reduces Diarrhea

KELLY M. JONES and ALAN DE BRAUW\*

*International Food Policy Research Institute, Washington, United States*

**Summary.** — Vitamin A deficiency (VAD) is prevalent throughout the developing world, and causes night blindness and increases child morbidity and mortality. We studied the health benefits of biofortification in reducing VAD, using a cluster-randomized impact evaluation in 36 villages in northern Mozambique. Based on a sample of 1,321 observations of children under the age 5, biofortification reduced diarrhea prevalence by 11.4 percentage points (95% CI 2.0–20.8), and by 18.9 percentage points in children under the age three (95% CI 6.6–68.3). Diarrhea duration was also reduced. This is promising evidence that child health can be improved through agricultural interventions such as biofortification.

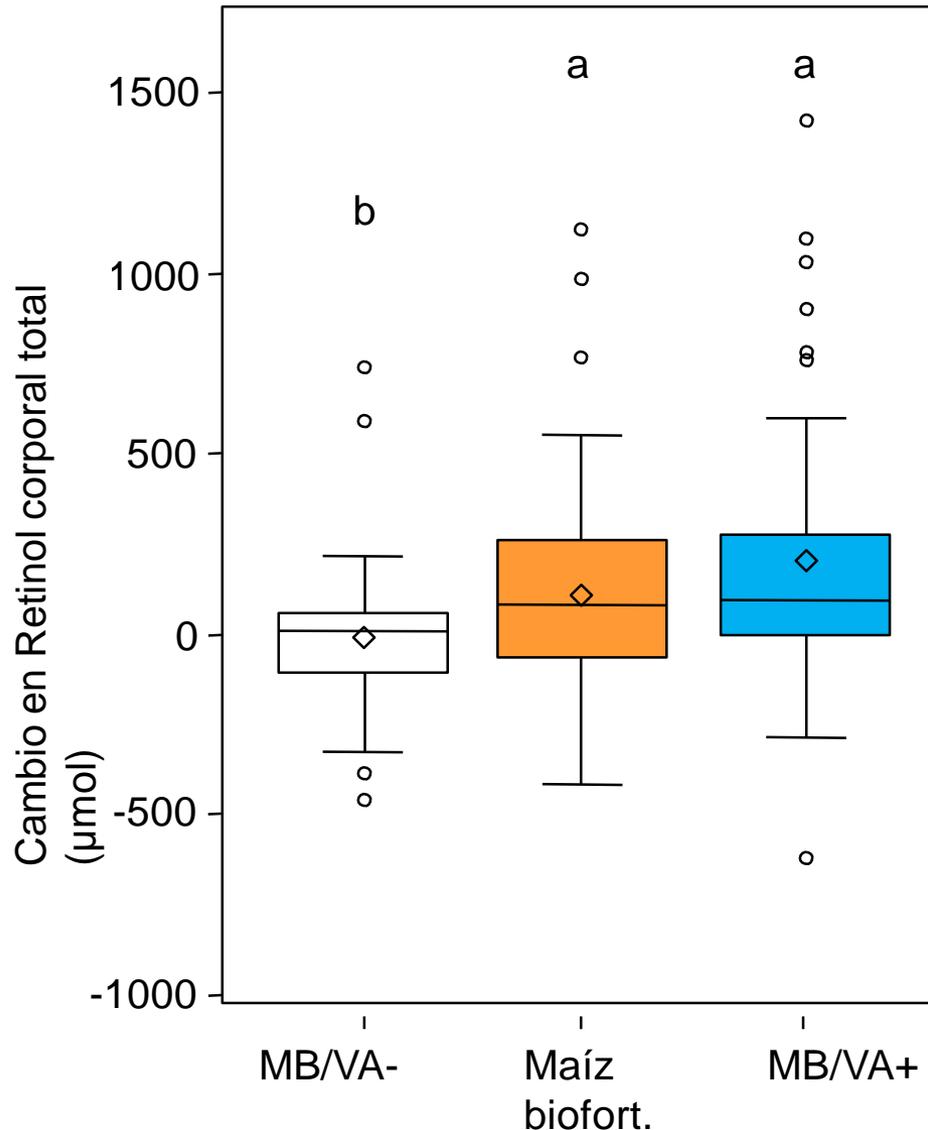
© 2015 The Authors. Published by Elsevier Ltd. This is an open access article under the CC BY-NC-ND license (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

# 18.9% menos diarrea en <3 años

# Milho: Zâmbia

- Dois estudos de eficácia de milho ~ 1500 pré escolares na Zâmbia mostram que:
  - O  $\beta$ -caroteno é absorvido eficientemente
  - O consumo regular de milho melhorou ou manteve as reservas de vitamina A e melhorou a adaptação visual ao escuro apesar da elevada incidência de malária e outras infecções em áreas rurais

# Milho com PVA aumentou as reservas de retinol de igual forma que a vitamina A adicionada ao milho branco



**$P = 0.0034$**   
**Con valores ordenados por rango**

AJCN. Publicado primero en línea en Octubre 8, 2014 as doi: 10.3945/ajcn.114.087379

$P < 0.0001$  para distribución no normal

# Efeito funcional: adaptação da pupila a diversos graus de luminosidade





# Cambios en la sensibilidad pupilar en pre-escolares de Mkushi, Zambia (4-8 años) (Univ. Johns Hopkins, 2014)

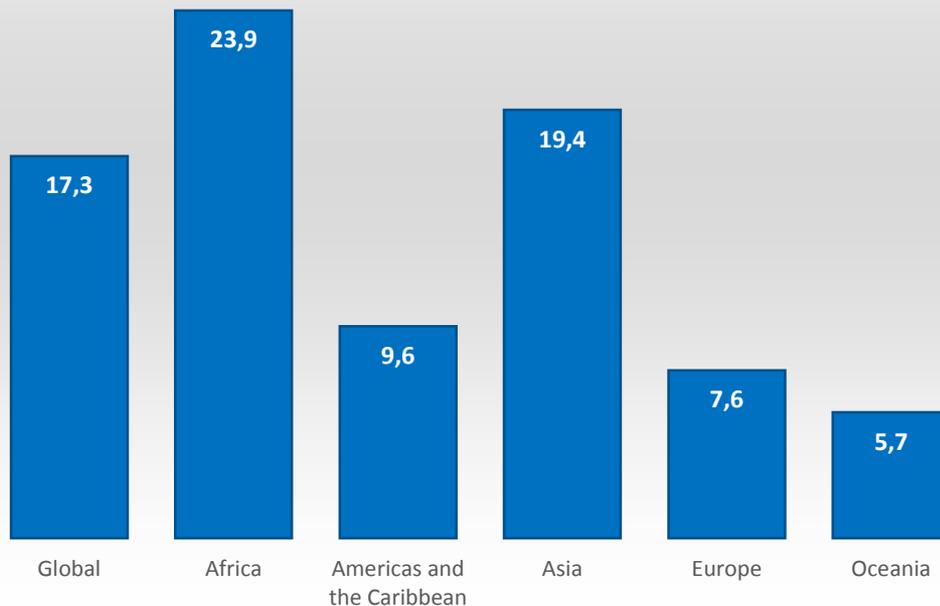
<b>Indicador</b>	<b>Maíz Blanco</b> (n=154)	<b>Maíz Naranja</b> (n=151)	<b>Valor de p</b>
<b>Respuesta a estímulos luminosos</b>			
Todos los estímulos (-2.9 a 0.1 c/m <sup>2</sup> )	<b>-0.3 +/- 6.2</b>	<b>-1.8 +/- 6.2</b>	<b>0.06</b>
<b>Baja intensidad</b> (-2.9 a -1.3 c/m <sup>2</sup> )	<b>-0.5 +/- 6.0</b>	<b>-2.1 +/- 6.1</b>	<b>0.04</b>
Alta intensidad (-0.9 a 0.1 c/m <sup>2</sup> )	<b>0.1 +/- 6.6</b>	<b>-1.6 +/- 7.9</b>	<b>0.06</b>
<b>Umbral pupilar</b>			
Mejoramiento (%)	<b>20.0</b>	<b>31.8</b>	<b>0.05</b>
No cambio (%)	<b>60.0</b>	<b>56.4</b>	
Empeoramiento (%)	<b>20.0</b>	<b>11.9</b>	

# Cambios en la sensibilidad pupilar en pre-escolares de Mkushi, Zambia (4-8 años) (Univ. Johns Hopkins, 2014)

Indicador	Maíz Blanco (n=154)	Maíz Naranja (n=151)	Valor de p
<b>Respuesta a estímulos luminosos</b>			
Todos los estímulos (-2.9 a 0.1 c/m <sup>2</sup> )	<b>-0.3 +/- 6.2</b>	<b>-1.8 +/- 6.2</b>	<b>0.06</b>
<b>Baja intensidad</b> (-2.9 a -1.3 c/m <sup>2</sup> )	<b>-0.5 +/- 6.0</b>	<b>-2.1 +/- 6.1</b>	<b>0.04</b>
Alta intensidad (-0.9 a 0.1 c/m <sup>2</sup> )	<b>0.1 +/- 6.6</b>	<b>-1.6 +/- 7.9</b>	<b>0.06</b>
<b>Umbral pupilar</b>			
Mejoramiento (%)	<b>20.0</b>	<b>31.8</b>	<b>0.05</b>
No cambio (%)	<b>60.0</b>	<b>56.4</b>	
Empeoramiento (%)	<b>20.0</b>	<b>11.9</b>	

# Risco de deficiência de zinco (nutrient tipo 2)

Risk indicator: % with inadequate zinc intake



## Deficiência de zinco

Suscetibilidade a infecções (diarreia, malária, pneumonia)

Mortalidade infantil

# Deficiência de Zinco

O zinco é essencial para a função de muitas enzimas e processos metabólicos.

A deficiência de zinco é comum em países em desenvolvimento com alta mortalidade.

Zinco é o nutriente mais deficiente em misturas de alimentos complementares consumidas por crianças durante o desmame.

Intervenções com zinco estão entre as propostas para possibilitar a redução em 63% de mortes de crianças em todo o mundo (Lancet, 2003; 2008).

# Deficiência de Zinco

## Prevenção e tratamento

Suplementação regular com zinco pode reduzir a morbidade em países em desenvolvimento.

- Diarreia
- Pneumonia
- Nanismo

A deficiência de zinco normalmente coexiste com outras deficiências de micronutrientes, como o ferro. Portanto, suplementar com um único micronutriente é menos eficiente.

Diversificação da dieta

- Proteína animal (ostras, carnes vermelhas)
- Biofortificação

# Avaliação de Deficiência de Zinco

Os sintomas de deficiência de Zn não são específicos.

Não existe, até a presente data, teste bioquímico quantitativo simples para avaliação do teor de zinco sérico.

Não existem bio-marcadores específicos e sensíveis para Zn.

Há dificuldade de identificar deficiência moderada de Zn.

Desafio em medir a melhorias do estado nutricional em zinco através de intervenções alimentares.

## Zinco Sérico

- Pode variar até 20% no período de 24 horas
- Níveis diminuem durante infecções agudas
- Caro

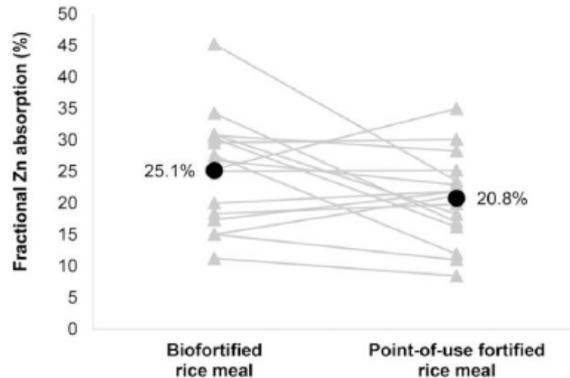
## Análise de zinco no cabelo

# Absorção de zinco



## Rice Zinc absorption

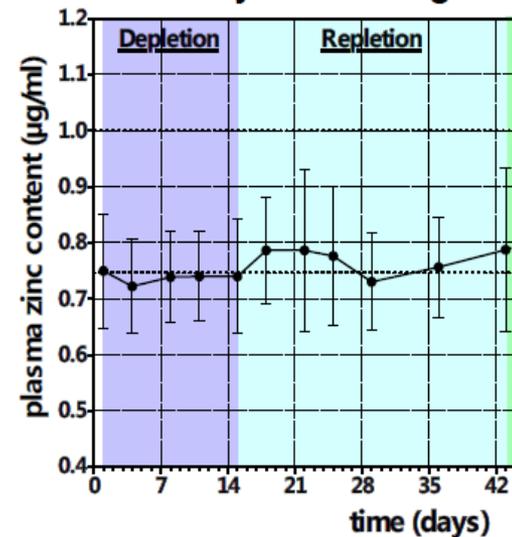
Zinc absorption by adults is similar from intrinsically labeled Zn-biofortified rice and from rice fortified with



J Nutr 2016; 146(1):76-80



## Plasma zinc content does not respond to moderate dietary zinc changes



# Possibilidades a serem estudadas para avaliação da deficiência de zinco.

- Inadequação modesta de zinco na dieta pode levar a ruptura de sequências de DNA nos leucócitos em adultos machos.
- A deficiência de zinco induzida, que causa ruptura no DNA, pode ser revertida com a repleção de zinco na dieta.
- Baixos níveis de zinco podem causar potencial lesão oxidativa em purinas.
- **A ruptura / recuperação do DNA poderá ser bio-marcador sensível para monitorar a resposta celular da suplementação com zinco**

# Cultivos que o H+ está trabalhando para aumentar o zinco: milho, arroz e trigo



Espera-se fornecer 40% EAR:

- 300g de trigo & 200g de arroz polido consumido / dia
- 10% perdas de cocção (arroz polido); até 5% de perdas na moagem do trigo.
- 25% absorção



# Arroz (*Oryza sativa* L)

- As variedades de arroz polido normalmente contêm cerca de 16 ppm de zinco. A absorção e incorporação nos grãos de arroz dependem do genótipo do arroz e da disponibilidade de zinco no solo. A meta do melhoramento genético para as variedades com alto teor de zinco é adicionar **>12 ppm** no arroz polido para uma concentração total de Zn **>26 ppm** (HarvestPlus 2014).
- A absorção de zinco em humanos não é regulada pelos níveis ou estoques de zinco e é determinada parcialmente pela quantidade de zinco na dieta e pela a fonte do zinco (zinco obtido de alimentos de origem animal são melhor absorvidos do que os de origem vegetal) (Krebs, 2000). A absorção é inibida por outros minerais presentes na cultura ou na dieta, bem como pelos **fitatos**.
- **Retenção:**
- O efeito do beneficiamento sobre a retenção de zinco foi medido em arroz das Filipinas e mostrou que o **beneficiamento reduziu, não apenas a concentração de zinco, mas também a concentração de fitato em comparação com o arroz integral não beneficiado** (Hunt 2002). Estes resultados são comparáveis a um estudo com arroz da China, embora os fitatos diminuíssem em um ritmo mais elevado do que o zinco (Liang 2008).

# Arroz (*Oryza sativa* L)

- **Biodisponibilidade e absorção:**
- Um estudo em crias de rato e células Caco-2 feito com arroz biofortificado mostrou que o zinco do arroz estava biodisponível. O zinco absorvido foi duas vezes mais elevado a partir do arroz biofortificado em comparação com o arroz normal e não houve diferença entre arroz polido ou semi-beneficiado, mas a razão molar fitato x zinco foi menor no arroz biofortificado (19:1) na comparação com as variedades normais (35-46:1), que pode ter resultado em uma maior biodisponibilidade de zinco do arroz biofortificado (Jou, 2012).
- Um estudo feito com crianças em Bangladesh com uma variedade de arroz com alto teor de zinco utilizou isótopos estáveis para medir a absorção de zinco no corpo e revelou que a absorção fracional de zinco de arroz biofortificado foi inferior à do arroz com níveis normais (absorção de 20% versus 25%) (Islam, 2013). Isto pode ser explicado pelo controle homeostático do corpo para regular a ingestão de zinco: o corpo absorve uma percentagem menor de zinco quando o total de zinco na dieta é superior. A absorção total de zinco foi semelhante tanto para o arroz biofortificado quanto para o não biofortificado. Um estudo com voluntários saudáveis na Suíça com zinco marcado intrinsecamente mostrou uma taxa de absorção de **25%** para o arroz biofortificado e de **21%** para o arroz normal que foi fortificado com níveis de zinco similares ao do arroz biofortificado (Brnic 2015, submetido).

# Estudos de retenção em andamento



Estudo de retenção de zinco em cozimento de arroz com alto teor de zinco (25 ppm) em relação a diferentes tempos de polimento, sendo realizado no CIAT, Colômbia, em colaboração com Flinders University, Austrália.



Estudo de retenção de zinco com o milho QPM alto teor de zinco (35ppm), realizado na Nicarágua com 2 receitas:

- tortilla
- farinha granulada fina para preparo de bebida (pina)

Os estudos estão sendo desenvolvidos no CIAT, em parceria com a Universidade de Flinders e CIMMYT.

Trigo: mais zinco absorvido (mg / dia) a partir de trigo biofortificado do que a partir de farinhas de controle (80% e 95% extraído) - mulheres mexicanas (trigo obtido por melhoramento convencional) (2008).

Flours (% wheat extraction)	Wheat	Total zinc intake (mg)	Fractional zinc absorbed (%)	Total zinc absorbed (mg)
80%	Control	3.9±0.1	38±1.0	1.5±0.5 <sup>a</sup>
80%	High zinc	6.6±0.1	31±1.0	2.0±0.5 <sup>b</sup>
95%	Control	7.9±0.2	20±5.0	1.6±0.4 <sup>c</sup>
95%	High zinc	13.6±0.4	15±5.0	2.1±0.7 <sup>d</sup>

½ mg more

Source: Rosado et al. J. Nutr. 139: 1920–1925, 2009.

# Conclusão deste estudo

Trigo melhorado com alto teor de Zn forneceu mais 0,5mg de zinco absorvido ao aumentar a contribuição total de Zn em 300g de trigo biofortificado, fornecendo 40% das necessidades fisiológicas diárias de mulheres mexicanas.

Source: Rosado et al. J. Nutr. 139: 1920–1925, 2009.



# Resultados até a presente data - resumo

- **Não existência de bio-marcador sensível para Zn, para ser utilizado na avaliação da eficácia de intervenções nutricionais com base em alimentos.**
- Os diferentes requerimentos (US-Institute of Medicine, IZiNCG) fisiológicos para zinco precisam ser revisados e conciliados, para um planejamento eficiente.
- O consumo de milho e milho biofortificados resultou em significativo aumento do zinco absorvido em crianças.
- Trigo biofortificado com zinco apresentou resultados de 70% mais zinco absorvido do que o trigo controle em mulheres, independente do grau de extração.
- Dois estudos de eficácia (mulheres e crianças com menos de 5 anos) estão sendo realizados na Índia.

# Estudos de eficácia nutricional realizados até a presente data.



## Human Nutrition Efficacy Trials – grade A evidence

14 efficacy trials either completed or in process

- 5 High iron crops ✓+

  - Meta-analysis completed for beans and pearl millet

- 6 High pro-vitamin A crops ✓

  - Multiple efficacy trials completed for sweet potato, maize, and cassava

- 2 High zinc crops

  - Bioavailability positive; 2 efficacy trials - data collection completed

- 1 Multiple crops (iron, zinc, pVA carotenoids)

  - Trial with children <2 y ongoing 2016 (Mumbai)



# Conclusões gerais / nutrição

- A diversidade na dieta é o objetivo final da nutrição.
- Cultivos devem ser testados em retenção, absorção e eficácia em micronutrientes, considerando os métodos tradicionais de produção e consumo.
- Fe, Zn, e pVACs são biodisponíveis nos cultivos biofortificados.
- Cultivos biofortificados são um boa fonte de micronutrientes **biodisponíveis** (Fe, Zn e Pro-vit.A), **eficazes** (Fe e Pro-vit. A) e **eficientes** (Pro-vit.A (batata doce)

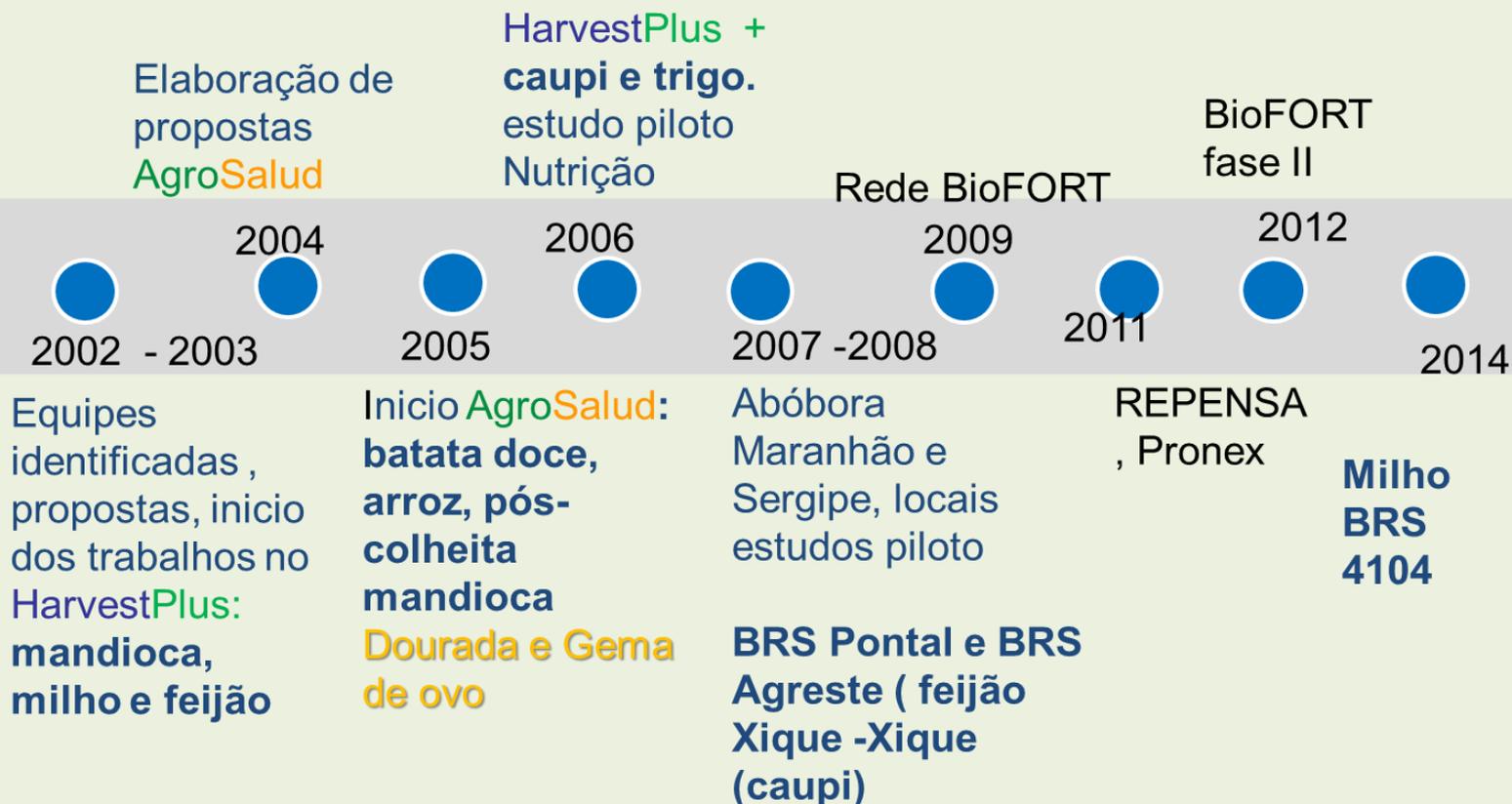
# Conclusões gerais / nutrição

- A diversidade na dieta é o objetivo final da nutrição.
- Cultivos devem ser testados em retenção, absorção e eficácia em micronutrientes, considerando os métodos tradicionais de produção e consumo.
- Fe, Zn, e pVACs são biodisponíveis nos cultivos biofortificados.
- Cultivos biofortificados são um boa fonte de micronutrientes **biodisponíveis** (Fe, Zn e Pro-vit.A), **eficazes** (Fe e Pro-vit. A) e **eficientes** (Pro-vit.A (batata doce)



**BIOFORTIFICAÇÃO NO BRASIL**

# Avanços da pesquisa em Biofortificação no Brasil





# BioFORT

Com início das atividades em 2009, o projeto complementa as atividades já desenvolvidas pelo HarvestPlus e AgroSalud, auxiliando o fortalecimento da **Rede de Biofortificação no Brasil.**



# Para que a Biofortificação seja bem-sucedida, três questões de ordem geral devem ser abordadas:

- 1) O melhoramento convencional de plantas poderá acrescentar o complemento pretendido para que os alimentos básicos atinjam a densidade de micronutrientes necessária, conforme determinado pelos profissionais da área de saúde, de modo a influenciar de forma significativa e mensurável a condição nutricional?
- 2) Quando consumidos em condições controladas, os nutrientes extras adicionados aos alimentos básicos estarão biodisponíveis e serão absorvidos em níveis suficientes para melhorar a condição dos níveis de micronutrientes?
- 3) Os agricultores adotarão as variedades biofortificadas e os consumidores irão adquiri-las/consumi-las em quantidades suficientes?

1) O melhoramento convencional de plantas poderá acrescentar o complemento pretendido para que os alimentos básicos atinjam a densidade de micronutrientes necessária, conforme determinado pelos profissionais da área de saúde, de modo a influenciar de forma significativa e mensurável a condição nutricional?

- Abóbora
- Arroz
- Feijão
- Feijão-caupi
- Mandioca
- Milho
- Batata-Doce
- Trigo



1) O melhoramento convencional de plantas poderá acrescentar o complemento pretendido para que os alimentos básicos atinjam a densidade de micronutrientes necessária, conforme determinado pelos profissionais da área de saúde, de modo a influenciar de forma significativa e mensurável a condição nutricional?



## *Cultivares lançados e recomendados*

**Mandioca** - 3 cultivares: BRS Dourada, BRS Gema de Ovo e BRS Jari .



**Feijão** - 3 cultivares: BRS Pontal, BRS Agreste e identificação de nova cultivar de tipo carioca recém lançada (BRS 9435 Cometa) já recomendado para NE.

**Feijão-Caupi** - BRS Xique-Xique, BRS Aracê e BRS Tumucumaque

**Batata-Doce** - Recomendação da cultivar Beauregard

**Milho** – BRS 4104, Cultivar lançada em 2013



**Total = 11 cultivares com maiores teores de Fe, Zn ou Beta Caroteno**

# BRS Pontal

Feijoeiro Comum - Tipo de Grão Carioca



Embrapa  
2008

Ministério da Agricultura  
Pecuária e Abastecimento

**BRS JARI: Nova Cultivar de  
mandioca para mesa com alto teor  
de betacaroteno nas raízes.**



Embrapa

96 *Mandioca e Fruticultura Tropical*

BRS 4104

**MILHO PRÓ-VITAMINA A**  
saúde à vista



Embrapa

# BEAUREGARD

CULTIVAR FEIJADA E MODICA DE BATATA-DOCE



Batata-doce vitaminada

Embrapa

# BRS ARACÊ

Cultivar de feijão-caupi com  
grãos de cor verde-oliva  
e rica em ferro e zinco

Embrapa  
Mato-Norte

# BRS TUMUCUMAQUE

Cultivar de feijão-caupi  
com ampla adaptação e  
rica em ferro e zinco

Embrapa  
Mato-Norte

Embrapa

## Arroz e Feijão

Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento  
Rodovia GO-462 km 12 Zona Rural Caixa Postal 178  
75375-000 Santo Antônio de Goiás, GO  
Telefone (62) 3533-2115 Fax: (62) 3533-2100  
sac@cpaf.embrapa.br  
www.cpaf.embrapa.br

Embrapa Cerrados  
Planaltina-DF

Embrapa Tabuleiros Costeiros  
Aracaju-SE

Instituições Parceiras

AGENCIARURAL  
(Goiânia-GO)

Centro Federal de Educação Tecnológica (CEFET)  
Morrinhos-GO e Uruaí-GO

Empresa Baiana de Desenvolvimento Agrícola (EBDA)  
Salvador-BA

Fundação de Ensino Superior de Rio Verde  
(FESURV / FESUCARV)  
Rio Verde-GO

Universidade Estadual de Goiás (UEG)  
Campus de Ipameri-GO

Universidade Luterana do Brasil (ULBRA)  
Campus de Itumbiara-GO

Ministério da  
Agricultura, Pecuária  
e Abastecimento



# BRS AGRESTE

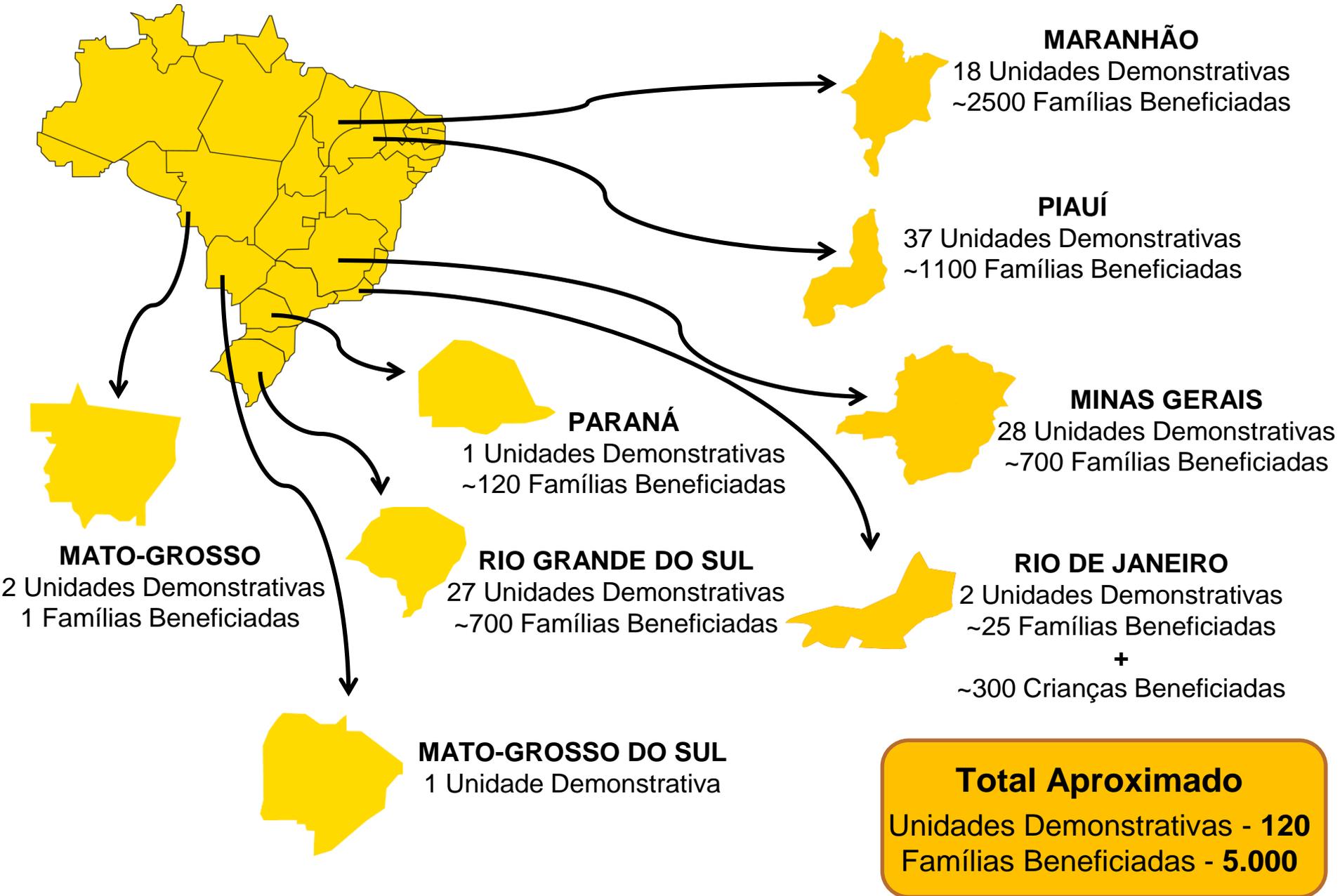
Cultivar de feijão comum de  
grão do tipo mulatinho indicado  
para safras das águas e de inverno



Embrapa  
2007

Edição: Setembro 07, de Oliveira Neto, ACEZ, Adriano Coimbra, Paulo Roberto Vieira Basti. Embrapa Arroz e Feijão - Aracaju 2007 - 10 páginas, 10000

# Cobertura (2009-2016)



# RESULTADOS

Em dez anos, a biofortificação no Brasil já alcançou resultados significativos, abaixo apresentados, onde os conteúdos em micronutrientes das cultivares melhoradas são comparados aos conteúdos em micronutrientes das convencionais:

Diferenças entre cultivares convencionais e melhoradas		
Cultivares	Convencional	Cultivares dos projetos da Rede de Biofortificação no Brasil
Milho	De 2 µg a 4 µg de pró-vitamina A por grama de milho em base seca	De 5 µg a 8 µg de pró-vitamina A por grama de milho em base seca
Batata-doce	Em cultivares de polpa branca, de 0 µg a 10 µg de betacaroteno por grama de raízes frescas	Na cultivar Beauregard, de 90 µg a 140 µg de betacaroteno por grama de raízes frescas
Abóbora	De 20 µg a 60 µg de betacaroteno por grama de produto fresco	De 140 µg a 240 µg de betacaroteno por grama de produto fresco
Trigo	De 25 mg a 30 mg de ferro e 25 mg a 30 mg de zinco por kg de trigo integral	De 40 mg a 50 mg de ferro e 40 mg a 50 mg de zinco por kg de trigo integral
Feijão caupi	De 40 mg a 50 mg de ferro e de 30 mg a 40 mg de zinco por kg de produto	De 50 mg a 70 mg de ferro e de 40 mg a 50 mg de zinco por kg de produto
Mandioca	Em variedades de polpa branca não há teores expressivos de betacaroteno	De 4 µg a 9 µg de betacaroteno por grama em raízes frescas
Feijão	De 25 mg a 65 mg de ferro e de 10 mg a 35 mg de zinco por kg de produto	De 70 mg a 90 mg de ferro e de 35 mg a 50 mg de zinco por kg de produto
Arroz	De 5 mg a 12 mg de zinco e de 0,5 mg a 2 mg de ferro por kg de arroz branco polido	De 15 mg a 20 mg de zinco e de 2 mg a 5 mg de ferro por kg de arroz branco polido

## 2) Quando consumidos em condições controladas, os nutrientes extras adicionados aos alimentos básicos estarão biodisponíveis e serão absorvidos em níveis suficientes para melhorar a condição dos níveis de micronutrientes?

- Bioacessibilidade da BRS Jari e da Bouregard e abóbora (UFRJ/Embrapa).
- Todos os materiais lançados estão caracterizados para Fe, Zn e  $\beta$ -caroteno.
- Retenção de carotenoides em produtos de panificação e massas alimentícias.
- Retenção de Fe e Zn em feijão comum e caupi, e carotenoides em mandioca e abóbora (UFRJ).
- Recomendação de embalagem para preservar CPVA em mandioca, batata-doce, milho e abóbora (CETEA/ITAL).
- Estudos bioacessibilidade / biodisponibilidade *in vitro* para minerais em arroz, feijão e feijão-caupi (ESALQ).
- Biodisponibilidade *in vivo* de proteína e Fe em feijão (UFV).
- Biodisponibilidade *in vivo* e *in vitro* para composições a base de arroz, feijão, batata doce e abóbora (UFV e ESALQ).
- Retenção de carotenoides em milho (CNPMS e UFL).
- Retenção de Fe e Zn em arroz e feijão (CNPAP).
- Avaliação biodisponibilidade de em pré-escolares de Alegre - ES (UFES).



2) Quando consumidos em condições controladas, os nutrientes extras adicionados aos alimentos básicos estarão biodisponíveis e serão absorvidos em níveis suficientes para melhorar a condição dos níveis de micronutrientes?

*Desenvolvimento de produtos a base de batata-doce de polpa alaranjada*

Farinha



Pão



Bolo



Macarrão



Gnocchi



Flocos



Chips



Biscoito



Snack



# Preparando os alimentos biofortificados na merenda escolar com merendeiras

- Testar preparações com a utilização de produtos biofortificados;
- Apresentar o melhor aproveitamento dos nutrientes através das diversas formas de preparo dos alimentos;
- Estimular a prática de adequados hábitos de higiene durante a manipulação dos alimentos;
- Demonstrar opções de preparações com menores teores de gordura, sal e açúcar



 UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE



Cortesia : Raquel Simões - UFS

## 2) Quando consumidos em condições controladas, os nutrientes extras adicionados aos alimentos básicos estarão biodisponíveis e serão absorvidos em níveis suficientes para melhorar a condição dos níveis de micronutrientes?

- Determinar a composição centesimal, teor de minerais, fitatos, fenólicos totais e carotenoides dos alimentos biofortificados e suas combinações (arroz, feijão caupi, feijão pontal, batata doce e abóbora);
- Avaliar a qualidade proteica das combinações de alimentos biofortificados e seus efeitos sobre parâmetros bioquímicos e metabólicos em ratos Wistar;
- Avaliar a biodisponibilidade de ferro em ratos Wistar;

As combinações alimentares, feijão com abóbora e feijão com batata doce **foram boas estratégias** para aumentar a biodisponibilidade de ferro.



## 2) Quando consumidos em condições controladas, os nutrientes extras adicionados aos alimentos básicos estarão biodisponíveis e serão absorvidos em níveis suficientes para melhorar a condição dos níveis de micronutrientes?

- Avaliar a biodisponibilidade de ferro (Fe) e zinco (Zn) dos feijões Pontal (PO – alvo para biofortificação) e Perola (PE - convencional) em modelos *in vitro* (células Caco-2) e *in vivo* (ratos) e avaliar os efeitos desses feijões no estado nutricional de ferro e zinco de crianças pré-escolares.

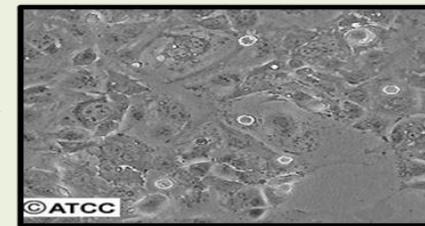
**BEAN**  
• Target for mineral biofortification



**Iron and zinc  
bioavailability**

*In vitro* studies

**Caco-2 Cells**



*In vivo* studies

**Rats**



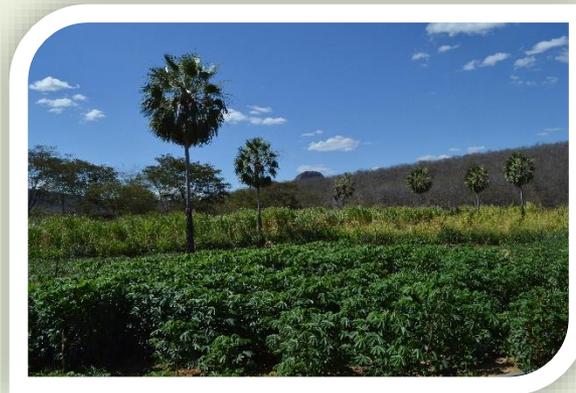
Human studies

**Preschool children**



### 3) Os agricultores adotarão as variedades biofortificadas e os consumidores irão adquiri-las/consumi-las em quantidades suficientes?

- Multiplicação de sementes e manivas
- Unidades demonstrativas e Dias de Campo
- Alianças Estratégicas
- Comunicação Estratégica
- Programas governamentais
- Avaliação de Impacto



# Escolas Agrícolas

## Como e realizado o trabalho das escolas agricolas?

O TRABALHO É REALIZADO ATRAVÉS DE REPASSE DE INFORMAÇÕES SOBRE OS PRODUTOS A PROFESSORES E ALUNOS E POSTERIORMENTE CUMPREM AS SEGUINTES ETAPAS?

ETAPA 1 - INSTALAÇÃO NA ESCOLA DE UNIDADES DE MULTIPLICAÇÃO ( 10 X 10 METROS), QUE TEM POR FINALIDADE AUMENTAR A QUANTIDADE DE MATERIAL PROPAGATIVO E PROVER DE EXPERIENCIA PRATICA OS PARTICIPANTES ]PELA IMPLANTAÇÃO E CONDUÇÃO DA UNIDADE.

ETAPA 2 - INSTALAÇÃO NA ESCOLA DAS UNIDADES DE DE TRANSFERÊNCIA DE TECNOLOGIA (100 X 100 METROS), QUE SERÃO IMPLANTADAS E CONDUZIDAS PELOS ESTUDANTES, SUPERVISIONADOS PELOS PROFESSORES, ONDE RECOLHERÃO TODAS AS PRINCIPAIS INFORMAÇÕES AGRONÔMICAS DA CULTIURA (RENDIMENTO, TRATOS CULTURAIS, PRAGAS, DOENÇAS E LUCRATIVIDADE). NA COLHEITA SERÁ REALIZADO UM DIA DE CAMPO PARA TECNICOS, ESTUDANTES E PRODUTORES, OS QUAIS LEVARÃO SEMENTES PARA PLANTAREM EM SUA PROPRIEADADES.

ETAPA 3 - INSTALAÇÃO NAS PROPRIEADADES DOS PAIS OU VIZINHOS, DE UNIDADES DE VALIDAÇÃO DE SISTEMA, ONDE O ESTUDANTE DEVE IMPLANTAR, CONDUZIR E ACOMPANHAR TODO O PROCESSO PRODUTIVO JUNTAMENTE COM O PRODUTOR. NESTA FASE O ALUNO ESTARÁ PRATICANDO A ASSISTENCIA TECNICA E PODERÁ SERVIR COMO ESTÁGIO. NA COLHEITA PROMOVERÁ UM DIA DE CAMPO NA COMUNIDADE LOCAL, ONDE ELE E O PRODUTOR FALARÃO SOBRE A CULTURA.

Quais os produtos trabalhados?

FEIJÃO CAUPI, MANDIOCA (MACAXEIRA) JARI, BATATA-DOCE E MILHO.

Qual o numero de escolas atingidas no Piauia , no Maranhão ?

DESDE 2011 SOMADAS 32 ESCOLAS NO PIAUI E 8 NO MARANHÃO

# Escolas Agrícolas

Quantos alunos por escola?

PODE-SE CONSIDERAR EM MEDIA 80 ALUNOS POR ESCOLA, MAS A CADA ANO HÁ UMA ROTATIVIDADE DE 20 ALUNOS POR ESCOLA, OU SEJA, SE FORMAM 800 ALUNOS POR ANO QUE TIVERAM ACESSO AOS BIOFORTIFICADOS.

Quanto de material distribuido?

QUANTO DE MATERIAL ENTREGUE A QUEM???

Quantos anos estamos trabalhado la?

DESDE 2011, OUSE, 5 ANOS

Principais vantagens?

COMO OS ALUNOS SÃO EM SUA MAIORIA, MAIS DE 90% FILHOS DE PRODUTORES, E AJUDAM NA LAVOURA, ESTAMOS FORMANDO OS PRODUTORES DO FUTURO.

Envolvimentos de jovens?

OS JOVENS SE ENVOLVEM BEM NO PROCESSO.

OBSERVAÇÃO:

PRECISAMOS DAR CONDIÇÕES PARA QUE ELES POSSAM PLANTAR EM SUAS PROPRIEDADES USANDO IRRIGAÇÃO, NA REGIÃO A FRUSTRAÇÃO DE SAFRA TEM SIDO O MAIOR PROBLEMA PARA EXPANSÃO DOS BIOFORTIFICADOS.

Area com leiras prontas para o plantio, EFA Nossa Senhora Mistica, municipio de Sucupira do Norte - MA





# Etapas da unidade de batata-doce no município de Miguel Alves - PI



# Treinamento em elaboração de produtos



# Reuniões e eventos

Distribuição de ramas para agricultor

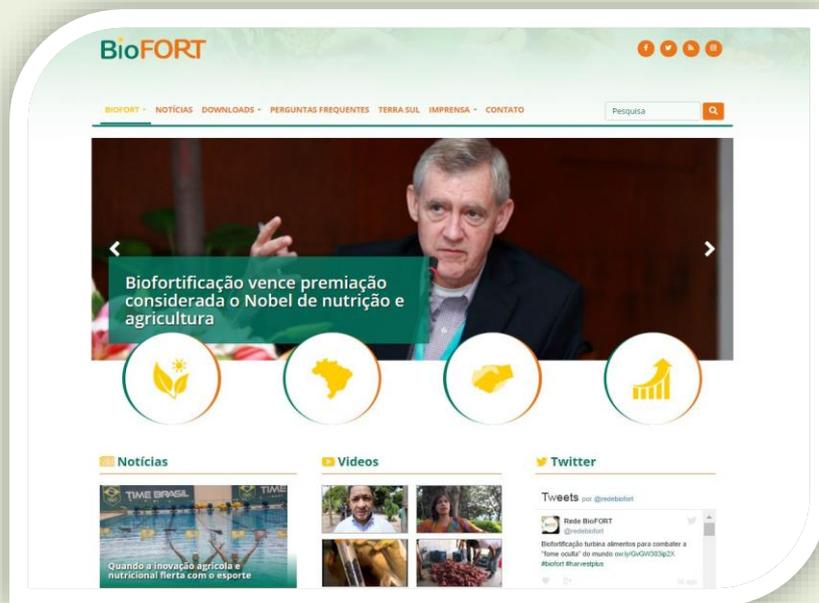


Reuniões com gestores municipais

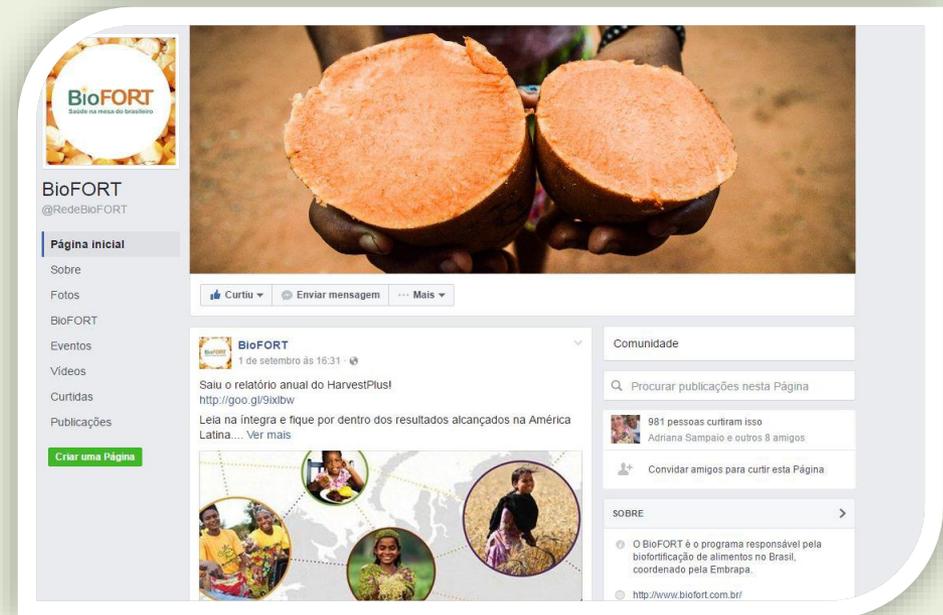


Projeto pioneiro na Embrapa para desenvolvimento de website, Facebook e Twitter, facilitando a interação com as redes sociais.

**Website:**  
**www.biofort.com.br**



**Facebook Page:**  
**fb.com/RedeBioFORT**



**Siga-nos no twitter e instagram: @redebiofort**

# Cultivos Biofortificados

(em comparação aos cultivos convencionais)

- Maior conteúdo nutricional

Mais: ferro, zinco,  $\beta$  - caroteno e/ou triptófano e lisina

Aumentar a ingestão dos nutrientes

Diminuir deficiências nutricionais

- Melhores características agronômicas

Maior: rendimento, resistência a pragas, tolerância a estresse

Aumentar a disponibilidade de alimentos em casa

Diminuir a insegurança alimentar e nutricional



**Obrigado!**

*José Luiz Viana de Carvalho*

*jose.viana@embrapa.br*

**BioFORT**

  
**HarvestPlus**  
Breeding Crops for Better Nutrition

**Embrapa**