

**Cenários Futuros da Citricultura Brasileira determinados pelo HLB (greening)**



ISSN 1678-0434

Novembro, 2011

*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária  
Embrapa Instrumentação  
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento*

# ***Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento*** 34

## **Cenários Futuros da Citricultura Brasileira determinados pelo HLB (greening)**

Cinthia Cabral da Costa

São Carlos, SP  
2011

**Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:**

**Embrapa Instrumentação**

Rua XV de Novembro, 1452  
Caixa Postal 741  
CEP 13560-970 - São Carlos-SP  
Fone: (16) 2107 2800  
Fax: (16) 2107 2902  
www.cnpdia.embrapa.br  
E-mail: sac@cnpdia.embrapa.br

**Comitê de Publicações da Unidade**

Presidente: João de Mendonça Naime  
Membros: Débora Marcondes Bastos Pereira Milori,  
Sandra Protter Gouvea  
Washington Luiz de Barros Melo  
Valéria de Fátima Cardoso  
Membro Suplente: Paulo Sérgio de Paula Herrmann Junior

Supervisor editorial: Victor Bertucci Neto  
Revisão de texto: Raíra Valente  
Normalização bibliográfica: Valéria de Fátima Cardoso  
Tratamento de ilustrações: Foco Comunicação  
Imagem Capa: Marina França e Silva  
Editoração eletrônica: Foco Comunicação

**1ª edição**

1ª impressão (2011): tiragem 300

**Todos os direitos reservados.**

A reprodução não-autorizada desta publicação, no todo ou em parte,  
constitui violação dos direitos autorais (Lei no 9.610).

**CIP-Brasil. Catalogação-na-publicação.**

**Embrapa Instrumentação**

---

C837c Costa, Cinthia Cabral da  
Cenários futuros da citricultura brasileira determinados pelo HLB  
(Greening). / Cinthia Cabral da Costa. -- São Carlos: Embrapa  
Instrumentação, 2011.  
22 p. -- (Embrapa Instrumentação. Boletim de Pesquisa e  
desenvolvimento, ISSN: 1678-0434; 34).

1. Huanglonbing. 2. Impacto econômico. 3. Citros. 4. Previsão de  
produção. 5. Suco de laranja. I. Título. II. Série.

CDD 21 ED. 634.304  
338.14

---

© Embrapa 2011

# Sumário

Resumo .....	5
Abstract .....	6
1. Introdução .....	7
2. Material e Métodos .....	9
3. Resultados e Discussões .....	11
Conclusões .....	18
Agradecimentos .....	19.
Referências .....	19
Anexo .....	22

# Cenários Futuros da Citricultura Brasileira determinados pelo HLB (greening)

---

Cinthia Cabral da Costa<sup>1</sup>

## Resumo

O Brasil tem mais de 40% da área cultivada de fruticultura como citros (NEVES, 2010), e respondeu por 55% do comércio mundial de suco de laranja em 2009 (UNITED NATIONS COMMODITY TRADE STATISTICS DATABASE, 2009). O Estado de São Paulo é o maior expoente nacional na produção citrícola. No ano de 2009, mais de 70% da área cultivada no país estava neste Estado. Esta importância do citros para a economia do país, e do país no mercado mundial, de suco de laranja tem sido ameaçada por uma doença detectada inicialmente no país em 2004, o Huanglongbin (HLB). Esta doença apareceu no Estado de São Paulo e não possui tratamento curativo ou variedades resistentes a ela. A única alternativa é o controle da doença, que é realizado de três maneiras: mudas sadias; controle do inseto vetor da doença e eliminação de plantas doentes. Com o objetivo de avaliar a importância da eliminação de plantas no controle da doença, estimou-se um modelo que determina a infestação da doença no Estado de São Paulo. A seguir, o modelo foi utilizado para prever a evolução da doença sob diferentes graus de eficiência na detecção de árvores infectadas, para um período de 10 anos. Conclui-se que a melhoria na identificação de plantas doentes e a erradicação das mesmas é um método altamente eficaz no controle do HLB a longo prazo.

Palavras-chave: previsão, citros, Huanglongbing.

---

<sup>1</sup>Engenharia Agrônoma, D.Sc., Pesquisadora, Embrapa Instrumentação, C.P. 741, CEP 13560-970, São Carlos/SP. cinthia@cnpdia.embrapa.br

# Future scenarios of Brazilian citrus determined by the HLB

---

Cinthia Cabral da Costa

## Abstract

More than 40 percent of the area planted with fruit in Brazil is citrus (NEVES, 2010) and this country accounted for 55 percent of orange juice world trade in 2009 (UNITED NATIONS COMMODITY TRADE STATISTICS DATABASE, 2009). The State of São Paulo is the largest exponent in the national citrus production. In 2009, more than 70% of the area cultivated in the country was in this state. This importance of citrus to the country, and of country in the orange juice world market, has been threatened by Huanglongbin (HLB), a disease detected in Brazil in 2004. This disease, which appeared in São Paulo State, is not curable and there are not varieties resistant to it. The only alternative is its control which is done in three ways: health seedlings; control of vectors and eliminating diseased trees. Aiming to evaluate the importance of the elimination of trees in the disease control we estimated a model that determines the infestation in the São Paulo State. After that, the model was used to forecast the evolution of disease under different degrees of efficiency in the detection of diseased trees, for a period of ten years. The study concluded that the improvements in the identification of the diseased tree and its elimination are a highly effective method to HLB control in the long run.

Keywords: forecast, citrus, Huanglongbing.

## 1. Introdução

O Brasil tem mais de 900 mil hectares de área plantada com citros, o que corresponde a 40% da área cultivada com fruticultura no país na safra 08/09 (IBGE, [2009]). Segundo Neves (2010), a cadeia produtiva do setor é responsável por 230 mil empregos no país, e por um PIB aproximado de US\$6,5 bilhões em 2009. Estes dados demonstram a importância do setor citrícola no país, que é também um dos maiores pólos citrícolas do mundo. Segundo estes mesmos autores, a produção brasileira corresponde a 25% da produção mundial de citros na safra 08/09, sendo o maior produtor mundial. Além disso, o país detém a maior parcela do comércio internacional de suco de laranja (produto final de maior consumo do setor), respondendo por 55% do comércio mundial deste produto no ano de 2009 (UNITED NATIONS COMMODITY TRADE STATISTICS DATABASE, 2009).

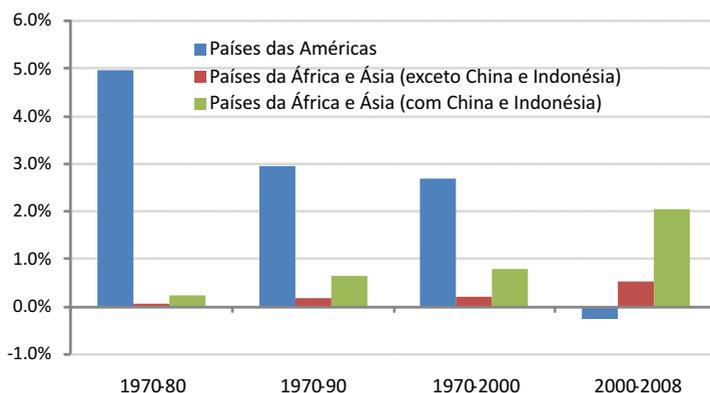
Ameaçando esta forte cadeia produtiva existente no país está a Huanglongbin (HLB), ou greening. Pelo fato de não possuir tratamento curativo e nem variedade de citros resistente, a doença é considerada a mais importante, severa, séria, destrutiva e devastadora doença da citricultura mundial (GOTTWALD et al., 2007). Segundo Belasque Junior et al. (2009), o controle da doença é realizado de três formas: mudas sadias, eliminação de plantas doentes e controle do inseto vetor da doença (psilídeo).

A doença surgiu no país pelo Estado de São Paulo, que responde pela maior parte da produção nacional, mais de 70% da área cultivada com citros no país (IBGE, [2009]). Diante da importância desta doença, tem sido realizados estudos sobre o comportamento da mesma no estado, e a Secretaria de Agricultura de São Paulo tem realizado o levantamento das árvores doentes erradicadas no estado. Tais informações foram utilizadas como base para o desenvolvimento do modelo elaborado no presente estudo.

O HLB está presente há décadas em vários países do continente asiático e africano, e chegou ao continente americano apenas na década de 2000 (BOVÉ, 2006). A Figura 1 mostra a taxa de crescimento anual (ponderada pela participação da produção do país na produção mundial) da produção de laranja separada em dois blocos de países: os países que tem registros da doença anteriores à década de 1970, segundo Bové (2006), e, os países americanos, cuja doença apareceu na década de 2000.

Observa-se nesta figura que, enquanto os países das Américas não possuíam o registro da doença, o crescimento da produção foi superior ao observado naqueles países com registros históricos da doença. Estes últimos foram separados em duas outras classes: com e sem inclusão da China e Indonésia.

Estes dois países foram tratados separadamente porque eles vêm se destacando no aumento da sua produção nos últimos anos<sup>2</sup>. Com o início da incidência do HLB nos pomares de citros do Brasil e dos EUA (os dois maiores produtores mundiais da fruta) verificou-se uma retração na taxa de crescimento anual para o período 2000-2008 na produção dos países das Américas, e concomitante aumento da taxa anual de crescimento da produção de alguns países africanos e asiáticos, principalmente China e Indonésia (Fig. 1). Isto provavelmente está acontecendo porque aqueles países já sabem melhor como lidar com a doença, enquanto os países do novo continente ainda não possuem a conscientização e a cultura das práticas de controle da doença.



**Fig. 1.** Taxa de crescimento anual da produção de laranja, ponderada pela participação da produção do país na produção mundial do último ano, nos períodos: 1970 a 1980; 1970 a 1990; 1970 a 2000 e 2000 a 2008 para diferentes grupos de países (Adaptado de Neves, 2010)

Nota: foram considerados os seguintes países das Américas: Brasil; Estados Unidos; México; Argentina; Venezuela; Colômbia; Peru; Paraguai; Chile e Uruguai. Os países da África e Ásia considerados foram: China; Indonésia; Índia; África do Sul; Tailândia; Zimbábue; Budão; Bangladesh; Sri Lanka; Malásia; Etiópia; Somália e Filipinas.

Assim, a perpetuação deste cenário pode proporcionar um futuro desfavorável para a citricultura brasileira, que tem uma forte economia ligada a sua cadeia produtiva. Mas, será possível o controle desta doença a baixos níveis de infestação, de maneira a não comprometer a produção brasileira? Qual deverá ser a tendência do crescimento da doença no país? Qual a efetividade da eliminação das plantas doentes que são impostas sobre os produtores? O quão importante é este processo de eliminação? Este estudo busca responder estas perguntas e conscientizar os citricultores brasileiros da importância de boas práticas culturais no controle da doença.

<sup>2</sup>Apesar da incidência da doença nestes países, seus produtores a controlam com eficácia, inclusive migrando a produção para regiões livres de contaminação, onde continuaram a expandir a cultura (XIA; SIQUEIRA, 2010).

## 2. Material e Métodos

Para prever o cenário da citricultura brasileira foi elaborado um modelo matemático simulando o comportamento da evolução da incidência da doença analisada (HLB) nos últimos anos no país.

Um modelo é uma simplificação da realidade e, como tal, alguns pressupostos são adotados para que se possa inferir sobre os resultados obtidos no seu uso. No caso deste modelo de previsão da produção de citros considerou-se que: (i) a única variável referente a eliminação de plantas foi a detecção do HLB e que, todas as plantas detectadas foram eliminadas; (ii) não houve no período previsto nenhum outro avanço seja no controle do vetor ou da doença, seja na descoberta de variedades resistentes ao HLB e; (iii) a taxa de infestação, que indica o número de plantas infectadas a partir de uma planta doente, continuou constante, sem mudança devido à alterações climáticas que podem ocorrer de um ano para outro.

Inicialmente o modelo foi elaborado considerando que as árvores eliminadas não são repostas. Neste caso, o modelo tem como variável dependente o número de árvores. Assim, o número de árvores "a", em um determinado ano "j" ( $a_j$ ), é descrito como:

$$a_j = a_{j-1} - b_{j-1} \quad (1)$$

Em que  $a_{j-1}$  é o número de árvores de citros do ano anterior e  $b_{j-1}$  é o número de árvores eliminadas devido a detecção do HLB no ano anterior.

Ao considerar a reposição de todas as árvores eliminadas, o modelo foi elaborado respeitando que o número de árvores estimado em 2010 no Estado de São Paulo, 217 milhões de árvores, foi mantido o mesmo para todo período analisado.

Ao passo que a produção pode ser determinada por um coeficiente por árvore ( $\beta$ ), tem-se que a produção no ano  $j$  ( $P_j$ ) é dada por:

$$P_j = (a_j - K_j) * \beta \quad (2)$$

Em que  $K_j$  representa árvores que não estão produtivas naquele ano, uma vez que a árvore torna-se produtiva a partir do quarto ano de plantio. Assim,  $K_j$  é o número de árvores que foram replantadas nos últimos 3 anos devido ao HLB ( $k_j$ ) menos um percentual destas plantas no total ( $k/a_j$ ) que foram eliminadas por esta doença ( $K_j = k_j - (k/a_j) * b_j$ ). Já se  $b_j > K_j$ , este valor é igual ao número de plantas eliminadas no ano<sup>3</sup>.

<sup>3</sup>Como não se sabe se as árvores eliminadas em cada ano são aquelas que foram replantadas nos últimos 4 anos ou não, optou-se por subestimar o número de árvores improdutivas, fazendo a conta desta maneira.

Portanto, para prever a produção do ano posterior ( $j + 1$ ) e prever a produção nos próximos anos, deve-se identificar o número de árvores eliminadas do ano  $j$  ( $b_j$ ). Este valor depende do método de detecção das plantas doentes e é estimado da seguinte maneira:

$$b_j = c_j * \varepsilon \quad (3)$$

Em que  $c_j$  é o número total de plantas doentes e  $\varepsilon$  o percentual de plantas infectadas no pomar e que são detectadas e eliminadas.

O valor de  $c_j$  depende de quantas árvores são contaminadas pelo HLB a partir de uma planta doente, em um ano ( $\gamma$ ):

$$c_j = (c_{j-1} - b_{j-1}) * \gamma \quad (4)$$

É o valor de  $\gamma$  que determina, neste modelo, a eficiência na transmissão da doença. Considerando o atual sistema de detecção visual das plantas doentes, este valor foi calculado com valores passados (2009 e 2010, por exemplo) da seguinte maneira:

$$\gamma = (c_j + b_j) / c_{j-1} \quad (5)$$

Como um dos principais produtos deste setor é a produção de suco de laranja, a previsão pode ser obtida em termos de toneladas de suco. Para isto, o resultado obtido da equação (2), que dá o número de caixas (cujo padrão é de 40,8 kg) de laranja produzido, é multiplicado pela produção de suco equivalente a uma caixa ( $\theta$ ) conforme descrito na equação (6):

$$S_j = P_j * \theta \quad (6)$$

Em que  $S_j$  é o volume de suco produzido no ano  $j$ .

Este modelo simplificado de previsão de produção foi utilizado para compor os cenários futuros. Para isto utilizou alguns pressupostos quanto a eficácia do atual sistema de detecção de plantas doentes. Assim, a única mudança entre os cenários é o valor dos coeficientes  $\varepsilon$  e  $\gamma$  utilizados para obter os das plantas doentes e eliminadas nas equações (3) e (4). Para analisar métodos mais eficientes de detecção de plantas doentes, o coeficiente  $\varepsilon$  foi obtido de parâmetros preliminares de pesquisas, e considerando metas a serem alcançadas neste sistema de detecção.

Outro modelo utilizado também com o objetivo de prever o percentual de plantas doentes a partir de um foco de contaminação foi descrito por Bassanezi e Bassanezi (2008). O modelo elaborado por estes autores considera a evolução da doença em um pomar e tem a seguinte conformação:

$$y_j = e^{-(-\ln y_0) * e^{\gamma * j}} \quad (7)$$

Em que  $y_j$  indica o percentual de plantas doentes no ano  $j$ . Esta informação equivale a  $c/a_j$  no modelo proposto. Para isto, entretanto, estes autores utilizam os valores de  $y_0$ , que são a proporção de árvores sintomáticas inicial no pomar, e  $r_G$ , que é a taxa de crescimento anual da doença. Para esta última variável os autores definiram alguns valores tendo, como base, a idade das árvores do pomar. Deste modo, árvores de 0 a 2 anos apresentam  $r_G$  igual a 1,3; já árvores de 3 a 5 anos, de 6 a 10 anos e com mais de 10 anos tem  $r_G$  de 0,65; 0,325 e 0,244, respectivamente.

Uma característica que distingue o modelo proposto neste trabalho do descrito na equação (7) é que, enquanto o primeiro tem como objetivo obter uma evolução da doença no nível do país, o último apresenta uma visão da evolução da doença no nível do pomar. Todavia, foi realizada uma comparação do modelo proposto com o descrito em Bassanezi e Bassanezi (2008). Para isto foram feitas duas estimativas com a metodologia descrita na equação (7): considerando plantas com idade de 3 a 5 anos e com idade de 6 a 10 anos.

Bassanezi e Bassanezi (2008) elaboraram ainda um modelo para determinar a produtividade esperada no pomar lembrando que esta variável dependa da taxa de cobertura da doença na planta. Para isto as idades das plantas no pomar têm uma importância ainda maior na estimativa, uma vez que o percentual de área coberta com a doença na planta e o crescimento desta área são muito maiores em plantas mais jovens. Desta maneira, os resultados neste nível de detalhamento não foram comparados aos obtidos com a metodologia proposta. No modelo apresentado neste trabalho a produtividade de uma árvore não foi afetada pela incidência da doença, o que é, portanto, mais uma limitação do modelo considerado, uma vez que vários autores já demonstraram que a produtividade, assim como a qualidade dos frutos, são afetadas negativamente em plantas doentes (BASSANEZI et al., 2009; BALDWIN et al., 2008; GOODRICH-SCHNEIDER et al., 2008; BASSANEZI et al., 2008).

### **3. Resultados e Discussões**

Os resultados obtidos a partir do modelo elaborado no item anterior são dependentes, portanto, do valor a ser atribuído aos coeficientes:  $\varepsilon$ ,  $\gamma$ ,  $\theta$  e  $\beta$  além dos valores base a partir do qual serão feitas as previsões. Os valores de  $\beta$  e  $\theta$  são descritos em Neves (2010) como: 2 e 0,004. Eles indicam que cada árvore produz 2 caixas de laranja de 40,8 kg e que cada caixa produz 0,004 toneladas de suco. O valor da variável  $\varepsilon$  indica o percentual de plantas detectadas com HLB. Para o atual sistema de detecção – detecção visual – este valor foi obtido de Belasque Junior et al. (2009) em que mostram que: (i) a detecção visual encontrou 47,61% do total de plantas sintomáticas existentes em um talhão e; (ii) que 57,6% do total de plantas infectadas são sintomáticas (Irey et al., 2006). Assim, tem-se que, para cada planta detectada pela inspeção visual há outras 2,7 plantas infectadas que não serão eliminadas e que, portanto, permaneceram como fontes de inoculo da doença no campo. Já o valor de  $\gamma$  foi calculado utilizando a equação (5).

Os resultados apresentados neste item consideram diferentes cenários, os quais estão relacionados aos valores e pressupostos das variáveis  $\gamma$  e  $\varepsilon$ . Estas variáveis estão relacionadas, respectivamente, a fatores como: número de plantas infectadas a partir de uma planta doente e conscientização da importância da prática de eliminação de plantas doentes pelo produtor<sup>4</sup>, e à eficiência do processo de determinação de plantas infectadas no campo.

Dois grupos de cenários foram montados considerando estas duas condições distintamente.

Assim, no primeiro grupo de cenários, de 1 a 3, foi considerado o sistema de inspeção visual da doença ( $\varepsilon = 27\%$ , que corresponde ao produto  $47,6\% * 57,6\%$ , conforme informações indicadas anteriormente por Belasque Junior et al. (2009)) e foram estabelecidas algumas hipóteses relacionadas ao grau de conscientização dos produtores, que afetam os resultados do modelo ao calcularmos o valor de  $\gamma$ . Esta variável foi calculada sobre o número de plantas eliminadas nos anos de 2009 e 2010. Porém, acredita-se que o número de plantas eliminadas é inferior a este percentual. Isto ocorre porque, por falta de conscientização, não são todos os produtores que realizam a inspeção, ou não a realizam corretamente, ou, ainda, não eliminam todas as plantas identificadas. A Tabela 1 mostra os valores da variável  $\gamma$  considerados para compor os diferentes cenários das previsões realizadas com o modelo descrito anteriormente.

**Tabela 1.** Valores utilizados para as seguintes variáveis: percentual de plantas doentes identificadas ( $\varepsilon$ ) e; número de árvores contaminadas a partir de uma planta doente, ao ano ( $\gamma$ ).

Variável	Grupo 1			Grupo 2	
	Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3	Cenário 4	Cenário 5
$\varepsilon$	0,27	0,27	0,27	0,80	0,60
$\gamma$	1,90 <sup>1/</sup>	2,19 <sup>1/</sup>	2,68 <sup>1/</sup>	2,19	2,19

**Notas:** <sup>1/</sup> Valor obtido considerando o valor de  $\varepsilon = 0,27$  e o número de árvores eliminadas pelo HLB nos anos de 2009 e 2010: 3,4 e 4,7 milhões, respectivamente (Secretaria, 2011). Os valores foram obtidos da seguinte maneira:  $(4,7/0,27)/((3,4/0,27)-3,4) = 1,90$ ;  $(4,7*0,8/0,27)/((3,4*0,7/0,27)-3,4*0,7) = 2,19$  e;  $(4,7*0,7/0,27)/((3,4*0,5/0,27)-3,4*0,5) = 2,68$ .

<sup>4</sup>A falta de conscientização dos produtores está relacionada ao fato do foco estar apenas no lucro imediato da produção. A longo prazo, como foi identificado neste estudo, as razões econômicas são favoráveis à eliminação das plantas contaminadas.

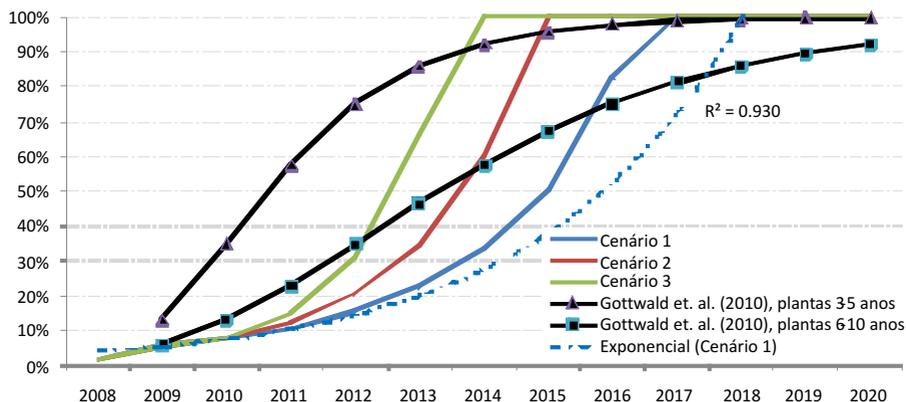
No cenário 1, o valor de  $\gamma$  foi obtido diretamente dos dados de plantas eliminadas da Coordenadoria de Defesa Agropecuária (CDA), órgão da Secretaria de Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo (SÃO PAULO, 2011). Para a elaboração dos cenários do primeiro grupo, considerou-se que os dados de plantas eliminadas em 2009 e 2010 não correspondem ao total de plantas identificadas como doentes, e que, devido ao aumento de conscientização dos produtores que ocorre com o tempo, em 2010 foram realizadas mais inspeções e eliminadas mais plantas encontradas nestas inspeções do que em 2009. Deste modo, para compor os outros dois cenários analisados foram propostos os seguintes percentuais para o número de plantas efetivamente eliminadas em relação ao número de plantas que deveriam ser eliminadas: 70% e 80% no cenário 2, respectivamente, para os anos de 2009 e 2010 e; 50% e 70% no cenário 3 para aqueles mesmos anos. Em todos os cenários, a partir de 2011 considerou-se que todas as plantas detectadas foram erradicadas.

O segundo grupo de cenários, de 4 e 5, considerou diferentes valores da variável  $\varepsilon$  e fixou o valor de  $\gamma$  naquele descrito para o cenário 2 ( $\gamma = 2,19$ ). O valor de  $\varepsilon$  é determinado pela eficiência do processo de determinação de plantas infectadas no campo. Estes cenários são mais otimistas em relação ao primeiro grupo, uma vez que estão prevendo a evolução da doença sob um sistema mais eficiente de controle. Contudo, a eficácia vai depender também da conscientização dos produtores em aplicá-lo e na eliminação das plantas detectadas. Nas duas últimas colunas da Tabela 1 têm-se os valores da variável  $\varepsilon$  considerados para compor os cenários do segundo grupo. O valor de 0,80 para o cenário 4 foi utilizado com base em resultados preliminares para plantas em viveiro do efeito de um aparelho de medição fotônica do HLB no citros. Constatou-se uma eficiência do aparelho de 80% (EMBRAPA, 2010) na detecção da doença, o que equivale a continuação de 0,25 plantas no campo a cada planta identificada e eliminada. O cenário 5 relaxou este percentual, passando de 80% para 60% o grau de eficiência do aparelho em realizar a detecção fotônica do HLB.

Assim, compondo o primeiro grupo de resultados, a Figura 2 mostra o percentual de plantas infectadas resultante da previsão para o primeiro grupo de cenários analisados, utilizando também o modelo proposto em Bassanezi e Bassanezi (2008), descrito na equação (7).

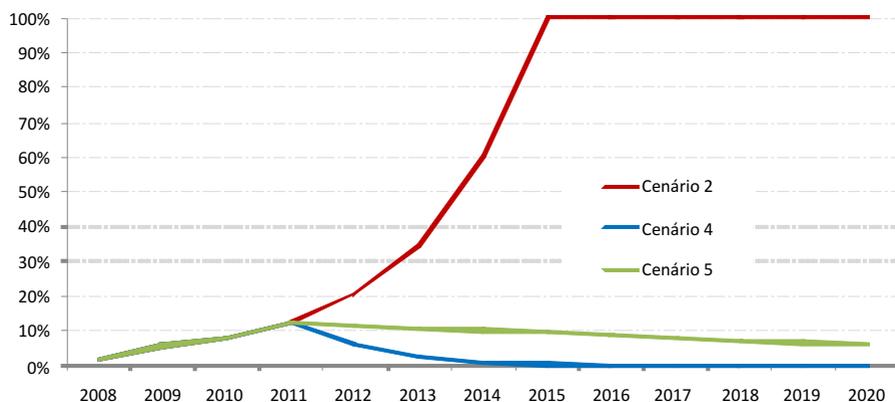
Pelos resultados apresentados na Figura 2, percebe-se uma diferença significativa entre o modelo proposto em Bassanezi e Bassanezi (2008) e o descrito neste trabalho. Enquanto o formato da curva de previsão do crescimento da doença pelo primeiro se aproxima mais de um modelo logarítmico, o modelo de crescimento da doença apresentado pelo modelo descrito neste trabalho se aproxima mais de um modelo exponencial. A Figura 2 mostra a linha de tendência do crescimento da doença para o cenário 1 indicando este comportamento (que tem um grau de ajustamento de 93%).

Deste modo, uma vez que os comportamentos diferem, esta característica é importante para compor a previsão de evolução da doença, e avaliar as estratégias de controle futuro da doença.



**Fig. 2.** Percentual de árvores de citros com HLB no Estado de São Paulo previsto até 2020, considerando diferentes cenários de contaminação entre as plantas.

Já a Figura 3 mostra o percentual de plantas infectadas previsto até 2020, com a precisão do método de detecção visual atualmente existente (cenário 2) e com uma maior precisão, por exemplo, a partir de um aparelho de detecção fotônica do HLB.

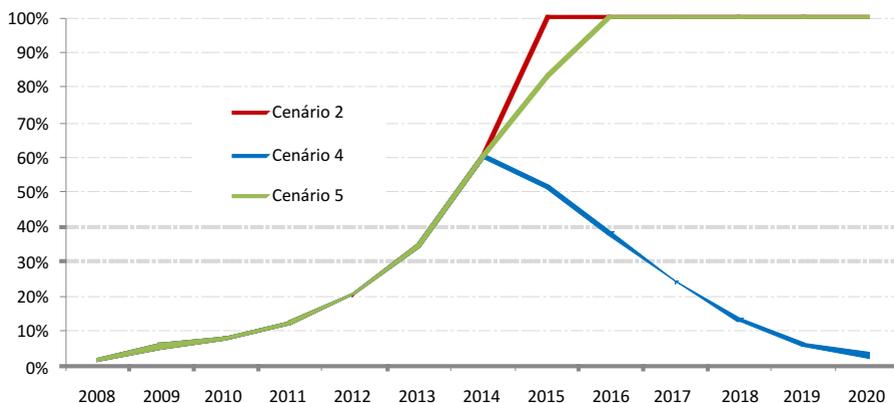


**Fig. 3.** Percentual de árvores de citros com HLB no Estado de São Paulo previsto até 2020, considerando diferentes cenários de efetividade na detecção de plantas doentes a partir de 2011.

Os valores que se apresentam para os cenários deste segundo grupo são surpreendentes: a doença permanece controlável durante os próximos 10 anos, com taxas de infestação inferiores a 10% no cenário 5 e sendo praticamente erradicada em 2018 no cenário 4.

Observou-se também que utilizando o modelo apresentado e com um valor igual a 2,19, para que o percentual de plantas doentes atingisse a 100% apenas em 2020, a eficiência da detecção da doença deveria ser de 50%. Ou seja, considerando que o modelo descrito esteja correto para os próximos anos, se a cada planta detectada com HLB permanecer mais do que uma planta doente no pomar, o Estado de São Paulo terá 100% das árvores com HLB antes de 2020.

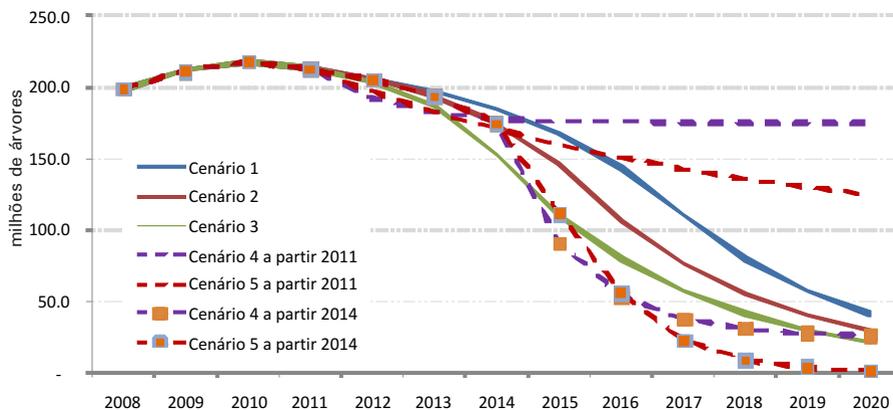
No exercício feito para obtenção da previsão observada na Figura 3, consideramos que um método de detecção mais eficiente do que o atual sistema de detecção visual foi implementado a partir do ano de 2011. Todavia, a chance disto ocorrer é ínfima, dado a não existência deste método atualmente. Assim, supondo o cenário 2 para a detecção visual ocorrendo até o ano de 2013, e a partir de 2014 sendo estabelecido um método de detecção mais eficiente: seja aquele descrito no cenário 4 (80% de eficiência) ou o descrito no cenário 5 (60% de eficiência), o resultado da previsão da evolução do HLB no citros no Estado de São Paulo ocorreria como descrito na Figura 4.



**Fig. 4.** Percentual de árvores de citros com HLB no Estado de São Paulo previsto até 2020, considerando diferentes cenários de efetividade na detecção de plantas doentes a partir de 2014.

Neste caso, verificou-se também que o ano de 2014 é o período limite para que se possa reverter a tendência da doença a partir de um método eficiente de detecção, e se possa controlar o HLB no estado. Se este método for adotado a partir de 2014, considerando o cenário 4, não se poderá mais evitar 100% de contaminação das árvores no estado.

Porém, os resultados apresentados anteriormente referem-se a uma situação de não reposição das árvores eliminadas. Desta forma, as informações sobre o percentual de plantas infectadas já descritas não nos oferece toda informação necessária sobre a previsão da situação da citricultura paulista em cada um dos cenários analisados. Assim, complementando a análise, a Figura 5 descreve a população de árvores de citros (a) estimada conforme a equação (1) para cada um dos cenários analisados anteriormente.

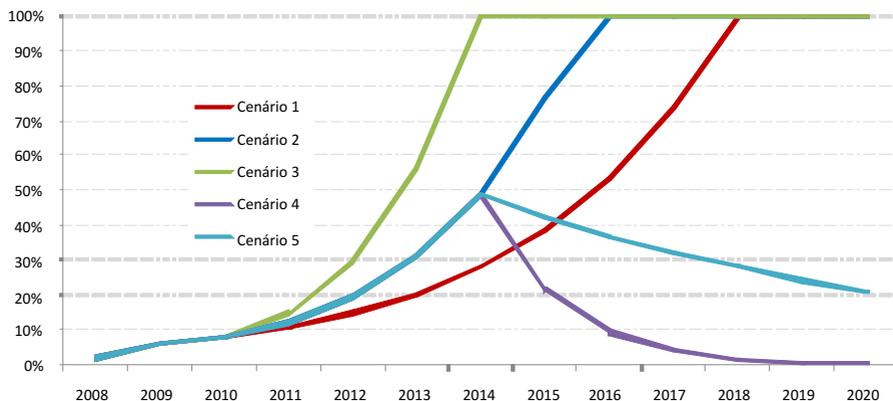


**Fig. 5.** Quantidade de árvores de citros com HLB no Estado de São Paulo previsto até 2020, considerando diferentes cenários de efetividade na detecção de plantas doentes a partir de 2014.

De maneira geral, observa-se que os dados da população de árvores de citros nos cenários analisados respondem de maneira inversa ao observado para o percentual de plantas doentes descritos nas Figuras 2, 3 e 4. Entretanto, isto não acontece para o cenário 4 descrito na Figura 4: que é a implementação de um método mais eficiente de controle da doença (detecção fotônica) a partir de 2014. Isto ocorre porque foi considerado como pressuposto no modelo que as plantas eliminadas não foram repostas e, na Figura 4, observa-se que antes de ter a doença controlada este cenário apresentou um alto grau de plantas infectadas. Com isto, muitas plantas foram erradicadas e, por não serem repostas, reduziram o número de árvores posteriormente.

A partir de cerca de 60% de árvores contaminadas no país (o que acontece em 2013, 2014 e 2015 nos cenários 1, 2 e 3, respectivamente), o número de árvores arrancadas é tão alto que deve-se analisar a viabilidade de quaisquer tipos de inspeção no pomar em relação a sua total eliminação. Deste modo, a análise apenas da infestação não é conveniente para avaliar os cenários.

Contudo, tem-se ainda o fato de que a não reposição de árvores arrancadas contribui enormemente para o pessimismo dos cenários apresentados nas Figuras de 2 a 4. Assim, a Figura 6 mostra uma nova previsão do percentual de árvores contaminadas, relaxando a pressuposição de que as árvores arrancadas não são repostas, ou seja, considerou-se que o número de árvores permanece o mesmo daquele estimado para o ano de 2010 (217 milhões de árvores). Para os cenários 4 e 5, a nova tecnologia de detecção do HLB foi iniciada em 2014, como na Figura 4.



**Fig. 6.** Percentual de árvores de citros com HLB no Estado de São Paulo previsto até 2020 para diferentes cenários, com a reposição de todas as plantas eliminadas a partir de 2011.

Observa-se nos resultados apresentados na Figura 6, que o cenário da evolução da doença continua preocupante, mesmo considerando que as plantas arrancadas são repostas. Porém, a evolução estimada da doença foi significativamente diferente ao observarmos o cenário 5 nas situações sem reposição de plantas (Fig. 4) e com reposição (Fig. 6). Neste cenário (que representa a introdução de um sistema mais eficiente de identificação de plantas doentes), a infestação da doença chega a 100% em 2016 se considerarmos que as plantas eliminadas não são repostas (Fig. 4).

Já com a reposição de plantas doentes, como observado na Figura 6, o percentual destas cai de 50% em 2014 (ano da introdução do novo sistema de detecção) para 20% em 2020 e, continuando com este comportamento de queda, fica em 5% em 2030. Mas para este cenário se concretizar temos que o parque citrícola do país foi totalmente renovado. Entre os anos de 2014 e 2020 para o cenário 5 foram eliminadas e repostas cerca de 300 milhões de árvores. Entretanto, apesar do dispêndio claramente ocorrido para alcançar um baixo nível de contaminação da doença observado no cenário 5, a validade deste reside em duas questões. A primeira é que a produção no país continuará ocorrendo apesar dos altos níveis de doença que podem vir a suceder.

A segunda é que um método mais eficiente de controle é imprescindível para que as altas taxas de infestação não voltem a ocorrer e a doença seja mantida sob controle.

Uma vez que a reposição de árvores é um fato mais realista, adicionalmente às informações de árvores infectadas apresentadas na Figura 6, na Tabela do Anexo são descritos a quantidade e o valor da produção de laranja e suco em cada um dos cenários analisados. Tais resultados foram obtidos pela aplicação das equações (2) e (7) e, para obtenção dos valores foram utilizados os preços médios pagos ao produtor em 2010: R\$ 12,5 para a caixa de laranja (NEVES, 2010) e R\$ 3,2 mil para a tonelada do suco, segundo o preço médio de exportação (BRASIL, 2010).

Finalmente, vale ressaltar que os cenários apresentados podem também se alterar em função de medidas extremas como a eliminação de pomares inteiros, quando apresentam alto grau de infestação. Tais medidas acabam por eliminar mais árvores infectadas do que as previstas no modelo, pois não se eliminam apenas árvores detectadas e sim todas as contaminadas naquele local. Assim, pode-se retardar o período em que se estima ocorrer 100% de contaminação por HLB no país.

## **Conclusões**

O modelo de evolução da doença proposto neste trabalho é um contraponto ao apresentado por outros autores, uma vez que indica um comportamento da doença no país diferente do obtido por um modelo já existente. Enquanto no modelo existente a doença se comporta em escala logarítmica, o apresentado neste estudo se comporta de maneira exponencial, principalmente após atingir um percentual de plantas doentes superior a 30%. Neste cenário, a evolução da doença no Estado de São Paulo torna-se preocupante.

Para contornar esta situação (sem alteração nas condições climáticas que também propiciam a disseminação da doença), o atual sistema de controle do HLB pode ser melhorado por: (a) variedades tolerantes ou resistentes à doença; (b) mecanismos ou produtos mais eficientes no controle do inseto vetor; (c) produtos curativos da doença na planta e (d) melhoria na identificação de plantas doentes e sua eliminação. Este trabalho mostrou o impacto de um produto que foca neste último aspecto (item d). Usualmente, os mecanismos de controle de doença em plantas se atêm aos itens de (a) a (c). Porém, apesar de ser um mecanismo menos usual e no qual o produtor tem resistência em fazer uso, este estudo mostrou a importância da detecção e eliminação de plantas doentes como um mecanismo eficiente de controle do HLB.

É importante ressaltar que apenas a melhoria na detecção não é suficiente para controle da doença. Plantas detectadas devem ser imediatamente eliminadas. É este conjunto que faz o efeito descrito neste estudo e que, sozinho, tem potencial para ser um instrumento eficaz de controle da doença reduzindo a exposição do ambiente, produtores e consumidores aos defensivos químicos que podem ser danosos à saúde humana.

Desta forma, vale destacar que um programa mais eficiente de controle da obrigatoriedade de erradicação das plantas doentes faz-se necessário. Pelas condições financeiras de curto prazo e desconfiança em relação ao fato que, se outros produtores não eliminarem também suas plantas doentes a eliminação não será eficaz, a erradicação de plantas infectadas com HLB deve ser obrigatória e rigorosamente fiscalizada. Neste sentido, uma sensibilização dos órgãos públicos responsáveis é essencial para obtermos resultados eficientes originados por um melhor sistema de detecção de plantas doentes no país.

Este estudo mostrou que se o atual sistema não for melhorado, o Estado de São Paulo poderá ter todas as suas árvores de citros infectadas com o HLB entre 2014 e 2017. Já a elaboração de um instrumento de detecção do HLB com 80% de eficiência, se aplicado até o ano de 2014, poderá manter o nível da doença no estado controlado a níveis menores do que 5% até 2020. Entretanto, mesmo não se conseguindo esta meta, instrumentos mais eficientes de detecção que o atual sistema de detecção visual são de fundamental importância para o controle da doença a longo prazo, principalmente se variedades resistentes da doença não surgirem num futuro próximo. Ou seja, respondendo às questões apresentadas no início do trabalho, pode-se conseguir que o HLB seja efetivamente controlado com um processo de identificação e eliminação das plantas doentes, desde que mais eficiente do que o atual método de detecção visual empregado.

Uma limitação deste trabalho refere-se ao fato de se ter considerado homogênea a disseminação da doença no estado. Na verdade, há regiões com diferentes níveis de infestações, e este aspecto é importante que seja tratado em outros trabalhos.

## **Agradecimentos**

A autora agradece: aos pesquisadores Belasque e Bassanezi, da Fundecitrus; à professora Sílvia Miranda, da ESALQ/USP; ao Vinícius Trombin, da Markestrat; à Débora Millori e Paulino Villas Boas, da Embrapa Instrumentação; à Cleonice Sguarezzi, da Secretaria de Defesa Agropecuária do Estado de São Paulo; ao René, da Citrovita e ao Bellotte, da Louis Dreyfus Commodities Agroindustrial Ltda.

## **Referências**

BALDWIN, E.; MANTHEY, J.; PLOTTO, A.; McCOLLUM, G.; IREY, M. An Update on the Effect of HLB on Orange Juice Flavor. In: INTERNATIONAL RESEARCH CONFERENCE ON HUANGLONGBING, 2008, Orlando. **Proceedings of the Meeting**.... Disponível em:

<<http://www.plantmanagementnetwork.org/proceedings/irchlb/2008/presentations/>>. Acesso em: jan. 2011.

BASSANEZI, R. B.; BASSANEZI, R. C. An approach to model the impact of Huanglongbing on citrus yield. In: INTERNATIONAL RESEARCH CONFERENCE ON HUANGLONGBING, 2008, Orlando. **Proceedings of the Meeting....**

Disponível em:

<<http://www.plantmanagementnetwork.org/proceedings/irchlb/2008/presentations/>>. Acesso em: jan. 2011.

BASSANEZI, R. B.; MONTESINO, L. H.; AMORIM, L.; GASPAROTO, M. C. G.; BERGAMIN FILHO, A. Yield reduction caused by Huanglongbing in different sweet orange cultivars in São Paulo, Brazil. In: INTERNATIONAL RESEARCH CONFERENCE ON HUANGLONGBING, 2008, Orlando. **Proceedings of the Meeting...** Disponível em:

<<http://www.plantmanagementnetwork.org/proceedings/irchlb/2008/presentations/>>. Acesso em: jan. 2011.

BASSANEZI, R. B.; MONTESINO, L. H.; STUCHI, E. S. Effects of huanglongbing on fruit quality of sweet orange cultivars in Brazil. **European Journal of Plant Pathology**, Dordrecht, v. 125, n. 4, p. 565-572, 2009.

BELASQUE JUNIOR, J.; BERGAMIN FILHO, A.; BASSANEZI, R. B.; BARBOSA, J. C.; FERNANDES, N. G.; YAMAMOTO, P. T.; LOPES, S. A.; MACHADO, M. A.; LEITE JUNIOR, R. P.; AYRES, A. J.; MASSARI, C. A. Base científica para a erradicação de plantas sintomáticas e assintomáticas de Huanglongbing (HLB, Greening) visando o controle efetivo da doença. **Tropical Plant Pathology**, Brasília, DF, v. 34, n. 3, p. 137-145, 2009.

BOVÉ, J. M. Huanglongbing: a destructive, newly-emerging, century-old disease of citrus. **Journal of Plant Pathology**, [S. l.], v. 88, n. 1, p. 7-37, 2006.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior. Comércio Exterior. Estatísticas de Comércio Exterior. Aliceweb. **Valor e quantidade das exportações brasileiras de suco de laranja concentrado**. 2010. Disponível em: <<http://alicesweb.desenvolvimento.gov.br/>>. Acesso em: set. 2011.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. (Brasília, DF). Ana Flávia Zaghi, André Leonardo Venâncio, Débora Marcondes Bastos Pereira Milori, Ednaldo José Ferreira, Ladislau Martin Neto. **Método, equipamento e sistema para diagnóstico de estresses e doenças em plantas superiores**. BR n. PI 0805608-0, 15 dez. 2008, 14 set. 2010.

GOODRICH-SCHNEIDER, R.; SIMS, C. A.; SPAN, T.; DANYLUK, M. D.; ROUSEFF, R. L. Effect of Greening Plant Disease (Huanglongbing) on Orange Juice Flavor and Consumer Acceptability. In: INTERNATIONAL RESEARCH CONFERENCE ON HUANGLONGBING, 2008, Orlando. **Proceedings of the Meeting...** Disponível em:

<<http://www.plantmanagementnetwork.org/proceedings/irchlb/2008/presentations/>>. Acesso em: jan. 2011.

GOTTWALD, T. R.; GRAÇA, J. V.; BASSANEZI, R. B. **Citrus huanglongbing: the pathogen and its impact.** [S. l.]: PMN, 2007. (Plant Health Progress). Disponível em:

<[http://www.ars.usda.gov/SP2UserFiles/Place/66180000/Gottwaldetal.\\_2007\\_HLB-Thepathogenanditsimpact.PlantHealthProgress.pdf](http://www.ars.usda.gov/SP2UserFiles/Place/66180000/Gottwaldetal._2007_HLB-Thepathogenanditsimpact.PlantHealthProgress.pdf)>. Acesso em: jan. 2011.

IBGE. Produção Agrícola Municipal. **Área plantada, área colhida, quantidade produzida e valor da produção da lavoura permanente.** 2009. Disponível em:

<<http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/acervo/acervo2.asp?ti=1&tf=99999&e=c&p=PA&v=214&z=t&o=3>>. Acesso em: jun. 2011.

IREY, M. S.; GAST, T.; GOTTWALD, T. R. Comparison of visual assessment and polymerase chain reaction assay testing to estimate the incidence of the Huanglongbing pathogen in commercial Florida citrus. **Proceedings of The Florida State Horticultural Society**, Tallahassee, v. p. 89-93, 2006.

NEVES, M. F. (Coord.). **O retrato da citricultura brasileira.** Ribeirão Preto: MARKESTRAT, 2010.

SÃO PAULO (Estado). Secretaria de Agricultura. Coordenadoria de Defesa Agropecuária. **Programa de Controle do Greening.** 2011. Disponível em:

<<http://www.cda.sp.gov.br/>>. Acesso em: 10 jan. 2011. comunicação pessoal.

UNITED NATIONS COMMODITY TRADE STATISTICS DATABASE. Statistic Division. **Exportação de suco de laranja concentrado do Brasil para o mundo.** 2009. Disponível em:

<<http://comtrade.un.org/db/dqBasicQueryResultsd.aspx?action=print&cc=200911,%20200912,%20200919&px=H2&r=76&y=2009&p=all&rg=2&so=9999&rpq=dqBasicQuery&qt=n>>. Acesso em: 10 fev. 2011.

XIA, Y.; SEQUEIRA, R. **Nutrition an HLB Management, 70 years experience from China.** Merida: USDA: APHIS, 2010. Disponível em:

<<http://senasica.gob.mx/includes/asp/download.asp?iddocumento=18380&idurl=26997>>. Acesso em: 20 jan. 2011.

## Anexo

Tabela. Valores e volumes de produção de laranja e suco previstos até 2020 em cada cenário analisado.

		2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
C e n á r i o 1	A	470	427	425	416	406	396	383	367	347	322	293	240	200
	B	5.875	5.338	5.314	5.201	5.076	4.953	4.790	4.591	4.337	4.026	3.658	2.998	2.497
	C	1,76	1,60	1,59	1,56	1,52	1,48	1,43	1,37	1,30	1,20	1,09	0,90	0,75
	D	5.624	5.109	5.086	4.978	4.859	4.741	4.585	4.395	4.151	3.854	3.501	2.870	2.390
	E	6.446	5.856	5.830	5.706	5.570	5.435	5.256	5.037	4.758	4.418	4.013	3.289	2.739
C e n á r i o 2	A	470	427	425	416	405	390	368	341	298	240	196	177	177
	B	5.875	5.338	5.314	5.202	5.058	4.879	4.605	4.261	3.729	2.999	2.451	2.215	2.215
	C	1,76	1,60	1,59	1,56	1,51	1,46	1,38	1,27	1,12	0,90	0,73	0,66	0,66
	D	5.624	5.109	5.086	4.979	4.841	4.670	4.408	4.079	3.570	2.870	2.346	2.120	2.120
	E	6.446	5.856	5.830	5.707	5.549	5.353	5.053	4.676	4.092	3.290	2.689	2.431	2.431
C e n á r i o 3	A	470	427	425	416	399	366	317	273	213	177	177	177	177
	B	5.875	5.338	5.314	5.203	4.985	4.573	3.959	3.412	2.663	2.215	2.215	2.215	2.215
	C	1,76	1,60	1,59	1,56	1,49	1,37	1,18	1,02	0,80	0,66	0,66	0,66	0,66
	D	5.624	5.109	5.086	4.981	4.772	4.377	3.789	3.266	2.549	2.120	2.120	2.120	2.120
	E	6.446	5.856	5.830	5.709	5.469	5.018	4.344	3.744	2.922	2.431	2.431	2.431	2.431

A P a r t i r d e 2 0 1 4	C e n á r i o 4	A	470	427	425	416	405	390	265	243	174	167	315	381	411
		B	5.875	5.338	5.314	5.202	5.058	4.879	3.307	3.040	2.178	2.087	3.935	4.767	5.136
		C	1,76	1,60	1,59	1,56	1,51	1,46	0,99	0,91	0,65	0,62	1,18	1,43	1,54
		D	5.624	5.109	5.086	4.979	4.841	4.670	3.166	2.910	2.084	1.997	3.767	4.563	4.916
		E	6.446	5.856	5.830	5.707	5.549	5.353	3.629	3.336	2.389	2.289	4.317	5.230	5.635
	C e n á r i o 5	A	470	427	425	416	405	390	306	294	220	164	191	217	241
		B	5.875	5.338	5.314	5.202	5.058	4.879	3.830	3.674	2.745	2.046	2.391	2.714	3.012
		C	1,76	1,60	1,59	1,56	1,51	1,46	1,15	1,10	0,82	0,61	0,72	0,81	0,90
		D	5.624	5.109	5.086	4.979	4.841	4.670	3.666	3.517	2.628	1.959	2.289	2.598	2.883
		E	6.446	5.856	5.830	5.707	5.549	5.353	4.203	4.031	3.012	2.245	2.624	2.978	3.305

Notas: A = volume de produção de laranja, em milhões de caixas de 40,8 kg; B = valor da produção de laranjas, em milhões de reais; C = volume de produção de suco de laranja, em milhões de toneladas; D = valor da produção de suco de laranja em milhões de reais e; E = valor da produção em termos de percentual de consumo padrão de laranja in natura (14%) e suco (86%), em milhões de reais.



---

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

Embrapa Instrumentação

*Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento*

*Rua XV de Novembro, 1452 - Caixa Postal 741 - CEP 13560-970 - São Carlos - SP*

*Telefone: (16) 2107 2800 - Fax: (16) 2107 2902*

*[www.cnpdia.embrapa.br](http://www.cnpdia.embrapa.br) - [sac@cnpdia.embrapa.br](mailto:sac@cnpdia.embrapa.br)*

Ministério da  
**Agricultura, Pecuária  
e Abastecimento**

G O V E R N O F E D E R A L



PAÍS RICO É PAÍS SEM POBREZA