

# USO DE ÍNDICES FENOLÓGICOS DE PRODUÇÃO NA ESTIMATIVA DE PRODUTIVIDADE DO CAFEIEIRO PLANTADO EM RENQUE, EM DIFERENTES ÉPOCAS DE AVALIAÇÕES

Eduardo L. ALFONSI<sup>1</sup>; Joel I. FAHL<sup>2</sup>; Glauco S. ROLIM<sup>2</sup>; Maria Luiza C. CARELLI<sup>2</sup>; Marcelo B. P. CAMARGO<sup>2</sup>; José L. FAVARIM<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Doutorando do curso de Pós-graduação do Departamento de Produção Vegetal - ESALQ-USP, Bolsista CNPq, E-mail: ealfonsi@esalq.usp.br; <sup>2</sup>Instituto Agrônomo de Campinas, Campinas, SP; <sup>3</sup> ESALQ-USP.

## Resumo:

Com o objetivo de estudar características fenológicas envolvidas no crescimento e na produção de cafeeiros para estimativa antecipada de safra através de modelos matemáticos, foram efetuadas avaliações em 16 talhões em renque denominados unidades experimentais (UE), pertencentes à Fazenda Tozan, no município de Campinas. As medidas foram realizadas nos meses de outubro, dezembro, janeiro e março, nos anos agrícolas de 2003/2004 a 2005/2006, determinando-se o número de frutos presentes no 4º e 5º nós produtivos, contados a partir do ápice do ramo plagiotrópico; número de internódios produtivos no ramo plagiotrópico e a altura média das plantas em cada UE. Foram obtidos os índices fenológicos de produção IFP1 e IFP2. O IFP1 originou-se do produto entre o número de frutos do 4º e 5º nós produtivos pela área vegetal de produção, a qual foi calculada através do comprimento em metro de linha de café/ha, multiplicado pelo dobro da altura da planta. O IFP2 foi calculado pelo produto entre o IFP1 e o número de internódios produtivos. Durante as amostragens em cada uma das UE, foi feita uma estimativa visual da produtividade por, no mínimo, dois técnicos especializados na cultura cafeeira, bem como determinada a produtividade real. Os resultados das regressões entre os índices fenológicos (IFP1 e IFP2), obtidos em duas safras de café e as respectivas produções reais, determinaram quatro equações, para as diferentes épocas de avaliações (outubro, dezembro, janeiro e março). O melhor resultado de  $R^2$  foi encontrado na avaliação realizada em março para o IFP1 ( $R^2 = 0,69$ ). O menor valor de  $R^2$  foi encontrado na avaliação realizada em outubro (IFP1,  $R^2 = 0,55$  e IFP2,  $R^2 = 0,49$ ). Os  $R^2$  obtidos nas regressões com os dados de dezembro ( $R^2 = 0,63$  e  $0,56$ ) mostraram-se semelhantes aos obtidos nas avaliações de janeiro e março, em ambos os índices. O IFP1 foi mais preciso que o IFP2, de acordo com o Índice de Willmott (d). Os valores somados de todas as UEs avaliadas mostraram uma produtividade subestimada em 21%, 10%, 11% e 16%, nos meses de outubro, dezembro, janeiro e março, respectivamente, quando estimados pelo IFP1 e de 18%, 14%, 16% e 20% para IFP 2. Quando comparado o IFP1 com a estimativa visual, embora esta apresente uma maior precisão nos dados, ambas subestimaram a produtividade. O somatório da produtividade de todas as UEs da safra 2005/2006, obtido pelas estimativas visuais e pela equação (IFP1) mostrou valores bem semelhantes entre si.

Palavras-chave: índices fenológicos, frutos, produção, modelo matemático, previsão de safra, *Coffea arabica*

## USE OF PHENOLOGICAL INDEXES FOR YIELD ESTIMATION IN COFFEE PLANTED IN RENQUE FOR DIFFERENT AVALIATION PERIODS

### Abstract:

Aiming the development of models for coffee yield prediction it was studied the phenological characteristics related mainly to plant growing in 16 areas (UE) in a farm area located in Campinas, SP, during three crop seasons. The measurements of fruits number (nfruto) (4-5 productivity nodes measured from the apex of the plagiotropic branch), number of productivity nodes (npla) (in the plagiotropic branch) and plant height were made in October, December, January and March during 2003/2004 and 2005/2006. These measurements gave support for the development of two yield phenological index (IFP1) and 2. The  $IFP1 = nfruto \times Aprod$ , where  $Aprod$  is the yield area gave by  $Aprod = 2 \times$  length (m) of the coffee line in the field by hectare multiplied by the height of the plant. The IFP2 is the IFP1 multiplied by npla. The yield predicted by the models for each UE were compared with visual estimative and with the final yield observed. It was developed four regressions with the yield predicted by the models and the data observed for each month (October, December, January and March). The best  $R^2$  found was for march (IFP1,  $R^2=0,69$ ). The low  $R^2$  found was for october (IFP1,  $R^2 = 0,55$  and IFP2,  $R^2 = 0,49$ ). The  $R^2$  found in December ( $R^2 = 0,63$  and  $0,56$ ) were similar to January for both indexes. The Willmott (d) index showed that the IFP1 were more precise than the IFP2. The sum of all UEs showed yield subestimated in 21%, 10%, 11% and 16% in October, December, January and March, respectively when estimated by IFP1 and 18%, 14%, 16% and 20% for IFP2. When the IFP1 and the visual estimative were compared with the observed data, the yield in all cases were subestimated. The sum of all UEs for 2005/2006 growing season estimated by IFP1 and visual procedure were similar.

Key words: phenological index, fruits, grain yield, mathematical model, yield forecast, *Coffea arabica*,

## Introdução

A estimativa antecipada da produção de café das diversas regiões produtoras é de fundamental importância para o estabelecimento da política cafeeira do país. Apesar disso, não existe no Brasil uma metodologia adequada para previsão antecipada da safra de café que permita uma avaliação segura e precisa. Esses métodos devem levar em consideração as cultivares, a densidade de plantio, a idade da cultura, a tecnologia empregada e as condições edafoclimáticas.

As poucas informações para o estabelecimento de modelos para previsão de safra de café são conseqüência da complexidade metodológica, ocasionada pela diversidade dos fatores ambientais, culturais e econômicos envolvidos na produtividade dessa cultura. As previsões atuais baseiam-se em levantamentos empíricos efetuados visualmente, requerendo, para atingir razoável precisão, técnicos ou produtores altamente especializados na cultura.

A avaliação das características fenológicas determinantes do desenvolvimento e da produção do cafeeiro pode ser uma ferramenta fundamental no estabelecimento de modelos de previsão de safra. Cannell (1973) sugeriu a possibilidade de se obter estimativa antecipada de produção, com base em modelos matemáticos, utilizando componentes fisiológicos da produção, tais como, o número de ramos produtivos, número de nós com frutos, número de frutos por nó e peso por fruto. De fato, Browning & Dorward (1989), utilizando modelos matemáticos mostraram que existe estreita relação entre a produção da cultura e o número de nós produtivos, número de frutos por nó e peso médio de fruto. Mais recentemente, Fahl et al. (2003) concluíram que o índice fenológico de produtividade, obtido com a contagem do número de frutos do 4º e 5º nós, contados do ápice para a base, em ramos plagiotrópicos do terço médio da planta, pode estimar o número total de frutos dos ramos, devido à alta correlação que apresentam entre si. Foi sugerido que os índices fenológicos, quando aplicados de forma integrada em modelos de previsão de produtividade de café, podem reduzir significativamente a margem de erro. Fahl et al. (2005) apresentam uma metodologia prática para a estimativa de produtividade, desenvolvida na região de Garça/Marília através do uso de um índice fenológico de produção, obtido a partir das características fenológicas determinantes do crescimento e produção, como frutos, altura da planta e espaçamento, com boa estimativa de produtividade do cafeeiro a nível de propriedade.

O objetivo deste trabalho foi desenvolver e aplicar dois modelos fenológicos de produtividade antecipada em cafeeiros de diferentes cultivares, idade e sistema de plantio, avaliando quantitativamente as características fenológicas determinantes do crescimento e da produção em diferentes épocas de avaliação.

## Material e Métodos

O estudo foi realizado em 16 talhões em renque, denominados unidades experimentais (UE), localizadas na Fazenda Tozan, município de Campinas. As medidas foram obtidas nos meses de outubro, dezembro, janeiro e março, nos anos agrícolas de 2003/2004 a 2004/2005 para determinação de regressões e 2005/2006 para a validação do modelo.

A amostragem foi efetuada em cinco diferentes ruas da UE, nas quais foram contados o número de frutos do 4º e 5º nós produtivos e o número de internódios do ápice para a base, em 10 ramos plagiotrópicos do terço médio da planta, tomados ao acaso ao longo da rua, sendo cinco de cada lado. A altura média do talhão foi obtida através de amostragem de cinco plantas de cada segmento avaliado. A partir desses dados, foram obtidos os índices fenológicos de produção IFP1 e IFP2. O IFP1 corresponde ao produto entre o número de frutos do 4º e 5º nós produtivos pela área vegetal de produção, a qual foi calculada pelo produto entre o comprimento em metro de linha de café/ha pelo dobro da altura da planta. O IFP2 corresponde ao IFP1 multiplicado pelo número de internódios produtivos do ramo plagiotrópico.

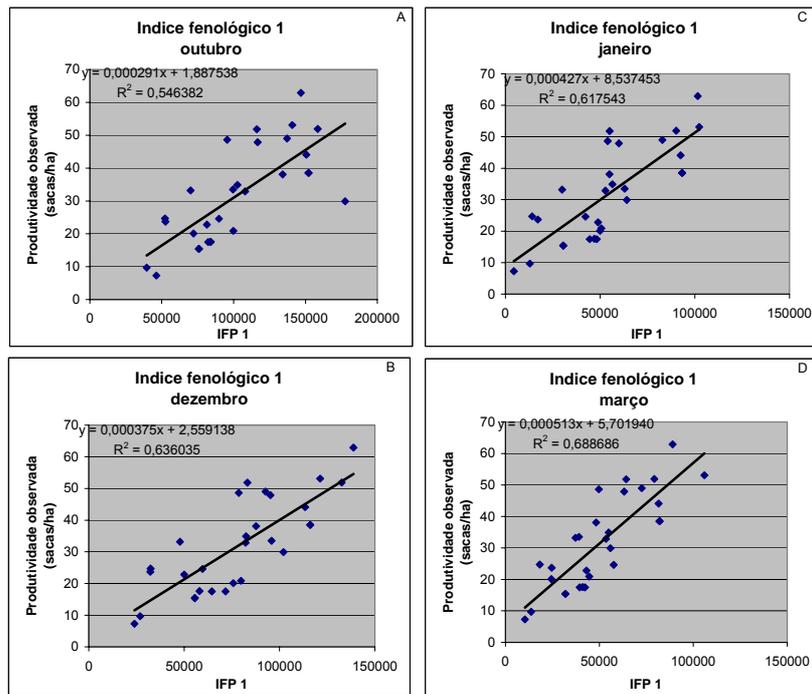
Em cada uma das UE realizou-se uma estimativa visual da produtividade através de, no mínimo, dois técnicos especializados na cultura cafeeira.

A produtividade real de cada UE foi expressa em sacas de café beneficiado/ha, a qual foi obtida da conversão de café da roça em café beneficiado.

## Resultados e Discussão

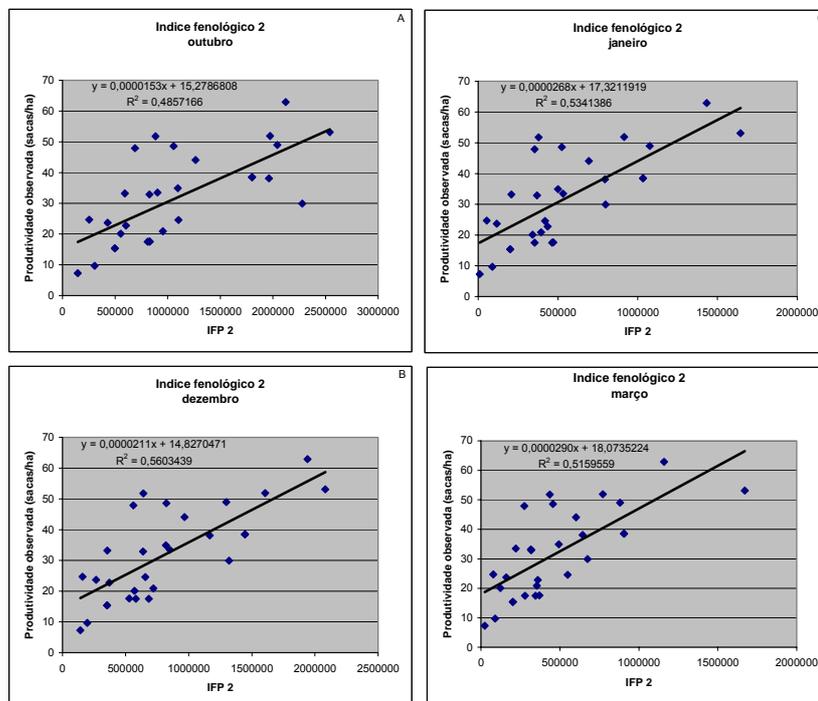
As figuras 1 e 2 apresentam os resultados das regressões entre os índices fenológicos, referentes ao IFP1 e IFP2, obtidos em duas safras de café com as respectivas produções reais (observada), para cada época de amostragem.

O modelo linear explica em média 60% e 50% da variação total desse conjunto de pares de dados para os IFP1 e IFP2, respectivamente, sendo que para o IFP1 o melhor resultado de  $R^2$  foi encontrado na avaliação realizada em março ( $R^2 = 0,69$ ) (Figura 1D). Esse resultado pode ser explicado pelo fato de que o número de frutos presentes na planta nesta época já está definido, com pouca variação até a colheita. Os resultados referentes ao mês de outubro (Figura 1A e 2A), com os menores valores de  $R^2$  para os dois modelos de avaliação, podem ser explicados pela grande variação do número de flores até o pegamento das mesmas. Os  $R^2$  obtidos nas regressões com os dados de dezembro ( $R^2 = 0,63$  e  $0,56$ ) (Figuras 1B e 2B) são semelhantes aos obtidos nas avaliações de janeiro e março (Figuras 1C, 2C, 1D e 2D), nos dois índices fenológicos de produção. Estes resultados mostram que é possível realizar previsões com o mesmo nível de precisão com até seis meses de antecedência da colheita.



\*Índice fenológico de produção (produto do número de frutos do 4º e 5º nós produtivos do ramo plagiotrópico localizado no terço médio da planta, multiplicado pela área vegetal de produção, calculada pela multiplicação do comprimento em metro de linha de café por hectare pelo dobro da altura da planta.

Figura 1- Regressão entre o índice fenológico 1, obtido pela contagem do número de frutos do 4º nó, 5º nó e a média de ambos, com a produtividade observada em 16 UEs da Fazenda Tozan, localizada no município de Campinas no período de 2003 a 2005, em 4 épocas de avaliação.



\*Índice fenológico de produção (produto do número de frutos do 4º e 5º nós produtivos do ramo plagiotrópico localizado no terço médio da planta, multiplicado pela área vegetal de produção, calculada pela multiplicação do comprimento em metro de linha de café por hectare pelo dobro da altura da planta

Figura 2- Regressão entre o índice fenológico 2, obtido pela contagem do número de frutos do 4º nó, 5º nó e a média de ambos, junto com número de internódios produtivos, com a produtividade observada em 16 UEs da Fazenda Tozan, localizada no município de Campinas no período de 2003 a 2005, em 4 épocas de avaliação.

A figura 3 apresenta os resultados da validação das equações das safras 2005/2006, nas diversas épocas de avaliações, nos dois índices fenológicos. O modelo IFP1 apresentou-se com maior exatidão que o IFP2, de acordo com o Índice de Willmott (d). O somatório de todas as UEs avaliadas mostrou uma produtividade subestimada em 21%, 10%, 11% e 16%, nos meses de outubro, dezembro, janeiro e março, respectivamente, quando estimados pelo IFP1 e de 18%, 14%, 16% e 20% para IFP2. Essas produtividades subestimadas pelas equações podem ter sido provocadas por condições climáticas desfavoráveis, na fase fenológica de expansão e granação dos frutos, ocasionando diferença de peneira e número de grãos chochos de um ano para outro, e também pela pequena quantidade de informações utilizadas na obtenção das equações para estimativa de produtividade.

A figura 4 apresenta graficamente os resultados da validação das equações determinadas nos modelos de IFP1 e IFP2, e sua comparação com a estimativa visual e a produtividade real, utilizando os dados da safra de 2005/2006 para o mês de março. Verifica-se que os dados de estimativa obtidos através das equações apresentam comportamento semelhante, com maior precisão para os dados obtidos através da equação do IFP1. Comparando as estimativas obtidas pelas equações com a estimativa visual, observa-se que os valores de  $R^2$  para as estimativas do IFP1 e IFP2 (0,63) foram menores que o encontrado para a estimativa visual (0,86), mas o índice de exatidão próximo entre a estimativa visual e a estimativa obtida pelo IFP1. Quando observa-se o somatório das produtividades obtidas pelos IFPs, verifica-se que todos subestimaram a produtividade em relação à observada, mas os valores entre o somatório da estimativa visual apresentou-se muito próximo ao valor do somatório da estimativa do IFP1.

## Conclusões

Os resultados obtidos neste trabalho permitem as seguintes conclusões:

- Os dados de estimativa obtidos através das equações apresentam comportamento semelhante, com maior precisão para os dados obtidos através da equação do IFP1.
- Os valores de  $R^2$  para as estimativas do IFP1 e IFP2 (0,63) foram menores que o encontrado para a estimativa visual (0,86).
- O somatório das produtividades de todas as UEs obtidas pelos IFPs, foi subestimado em relação às produtividades observadas.

## Referências Bibliográficas

Browning, G. Dorward, A. A survey methodology for assessing yield potential and coffee berry losses in peasant coffee. *Expl. Agric.*, London, v.25, p.235-242, 1989.

Cannell, M.G.R. Effects of irrigation, mulch and N-fertilizers on yield components of arabica coffee in Kenya. *Expl. Agric.*, London, v.9, p.225-332, 1973.

Fahl, J. I., Carelli, M. L. C., Alfonsi, E. L., Camargo, M. B. P. Avaliação de índices fisiológicos de produção para utilização em modelos de previsão de safra. In: *Simpósio de Pesquisa dos Cafés do Brasil, III*, 2003, Porto Seguro-BA. *Anais*. Brasília-DF: Embrapa/ Café, v.1, p.60, 2003.

Fahl, J. I., Carelli, M. L. C., Alfonsi, E. L., Camargo, M. B. P. Desenvolvimento e aplicação de metodologia para estimativa da produtividade do cafeeiro, utilizando as características fenológicas determinantes do crescimento e produção. In: *Simpósio de Pesquisa dos Cafés do Brasil, IV*, 2005, Londrina-PR. *Anais*. Brasília-DF: Cd Rom.

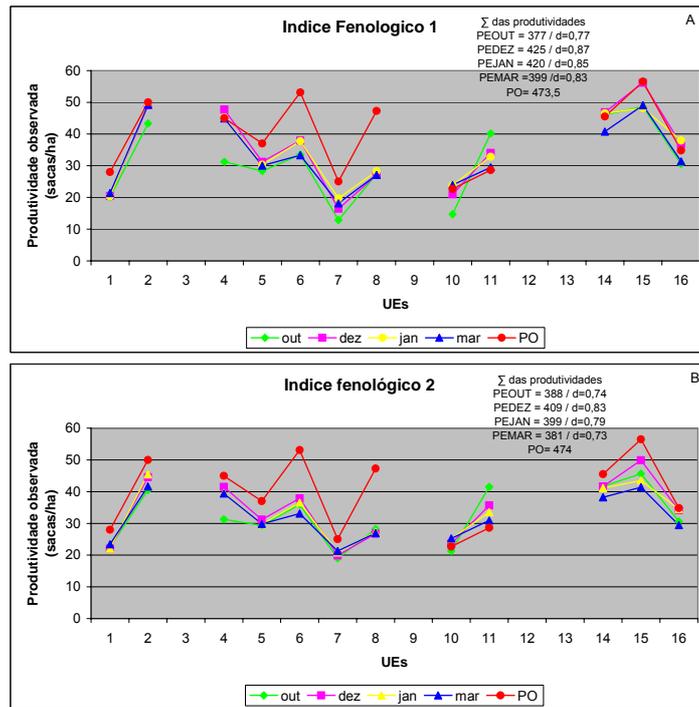


Figura 3- Comparação entre a produtividade observada e as obtidas pelas regressões meses de outubro, dezembro, janeiro e março para os dois IFP, em 16 unidades experimentais durante o ano agrícola de 2005/2006.

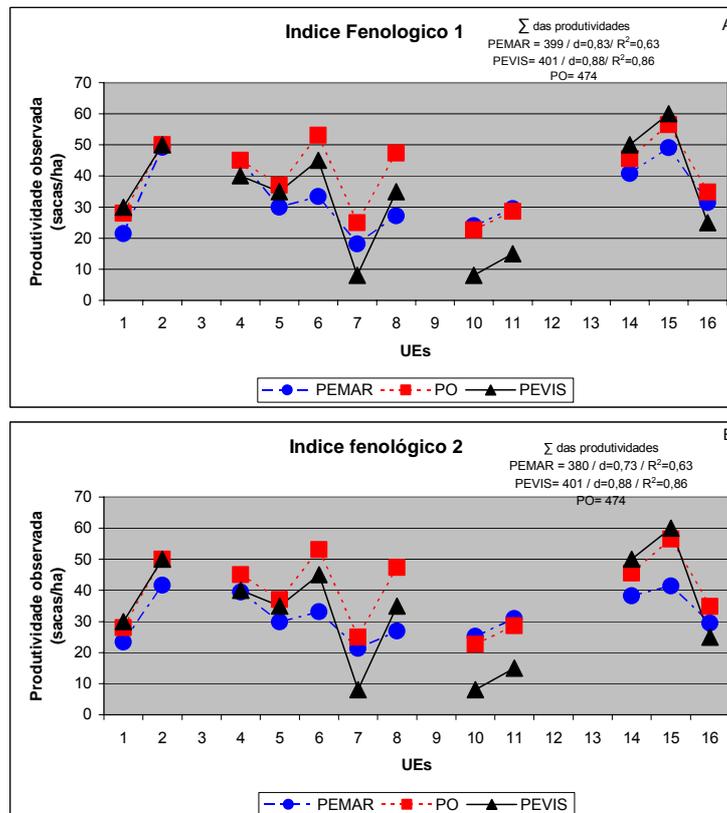


Figura 4- Comparação entre a produtividade observada (PO), estimativa visual (PEVIS) e a obtida pela regressão (PEMAR) do mês de março para os dois IFP, em 16 unidades experimentais durante o ano agrícola de 2005/2006.