

FENÓIS TOTAIS NAS FASES DE FRUTIFICAÇÃO DO CAFEIEIRO

Paula Rodrigues SALGADO¹ E-mail: prsalgad@esalq.usp.br , José Laércio FAVARIN²e Roseli Aparecida LEANDRO³

¹ Doutoranda na área de Fitotecnia da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, ² Professor Doutor do Departamento de Produção Vegetal da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, ³ Professora Doutora do Departamento de Matemática e Estatística da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo.

Resumo:

A resistência das espécies vegetais aos insetos e patógenos, mediante o acúmulo de substâncias tóxicas se dá por meio dos compostos fenólicos, avaliados como uma alternativa à suscetibilidade dos vegetais (Kosuge, 1969). De maneira geral, as plantas não ficam passivas as agressões que sofrem de vírus, viróides, fungos e bactérias (Bol et al., 1990) e insetos ou por agentes não-biológicos como a radiação solar, temperaturas extremas, poluição e outros. A resistência induzida trata-se de uma manifestação temporária de proteção, em que a planta é menos suscetível aos insetos e aos patógenos, devido ao estágio fenológico ou pela interação com as condições ambientais que podem, eventualmente, alterar a sua fisiologia. Esse trabalho foi realizado com o objetivo de avaliar o teor de fenóis totais de cafeeiro cv. Obatã 1669-20 durante o ciclo da planta nas fases de frutificação, em função das condições climáticas (radiação global e temperatura). A síntese de fenóis na fase de granação (14,68 mg 100 g⁻¹) foi 31 % inferior em relação às quantidades determinadas na fase de maior produção dessas substâncias – fruto em maturação (21,24 mg 100 g⁻¹). A metabolização de fenóis totais depende, indiretamente, da temperatura (°C) e da radiação global (MJ m⁻² dia⁻¹), apresentando tendência inversa em relação a estas variáveis climáticas. A orientação do manejo fitossanitário deve levar em consideração as épocas em que há comprometimento da defesa natural da planta, em relação à produção de substâncias protetivas, como por exemplo - os fenóis.

Palavras-chave: *Coffea arabica* L., temperatura atmosférica e radiação global.

TOTAL PHENOLS IN FRUTIFICATION PHASES OF COFFEE TREE

Abstract:

The vegetable species resistance to insects and pathogens, in contact to accumulation of toxic substances provides by phenolic composts, evaluated as an alternative to the vegetables susceptibility (Kosuge, 1969). In the general way, the plants are not passive to the aggressions that suffer from virus, viróides, fungus and bacterias (Bol et al., 1990) and insects or for not-biological agents, like the solar radiation, extreme temperatures, pollution and others. The induced resistance is a temporary protection manifestation, where the plant is less susceptible to the insects and the patógenos, because of the fenológico stadium or through the interaction with the enviromental conditions that can, eventually, modify its physiology. This project was carried out to evaluate the total phenol tenor of coffee tree cv. Obatã 1669-20 during the plant cycle the frutification state, in function of the climatic conditions (global radiation and temperature). The phenol synthesis in the grain state (14,68 mg 100 g⁻¹) was 31 % lower than the amounts determined in the phase of the greastest production of these substance – fruit in maturation (21,24 mg 100 g⁻¹) The total phenol metabolization depends indirectly on the temperature (°C) and on the global radiation (MJ m⁻² dia⁻¹), showing inverse trend in relation to these climatic variable. The orientation of the crop protection managing should take into consideration the period when it has engagement of the natural defense of the plant.

Key words: *Coffea arabica* L., atmospheric temperature and global radiation.

Introdução

Os fundamentos do manejo ecológico, com base na publicação do National Research Council (1996), podem ser divididos em quatro princípios da natureza e da prática agrícola: (1^a) todos os organismos têm inimigos naturais, (2^a) todas as plantas toleram certa quantidade de infestação e ou infecção, (3^a) todo controle pode ser seletivo e (4^a) todas as culturas podem ter equilíbrio (Gravena, 2003).

Com base no segundo princípio conclui-se que as plantas, inclusive o cafeeiro, apresentam mecanismos naturais de defesa e que a partir de determinado nível de infestação e ou infecção o agricultor deve interferir no sistema adotando práticas de manejo adequadas, considerando os aspectos econômicos e ambientais.

Em muitas espécies vegetais a resistência induzida se desenvolve a partir de ataques de insetos e ou patógenos, caracterizada pela redução no desempenho desses agentes em plantas atacadas, em relação às plantas que não sofreram qualquer tipo de dano por organismos.

O fenômeno resultante da ativação de diferentes vias de defesa da planta, que provoca alterações na qualidade e quantidade de substâncias secundárias e nutritivas (ao agente agressor) denomina-se resistência induzida. Essa ativação é provocada por elicitores ou indutores podendo ser do tipo biótico e abiótico.

O mecanismo de resistência das plantas está associado com vários compostos, dentre eles estão os fenóis, que se destacam por serem amplamente distribuídos e por terem sido, até o momento, responsáveis pelo maior número de exemplos de resistência e recuperação a infecção por vários patógenos (Zuluaga et al., 1971).

Os compostos fenólicos servem como defesa natural contra herbívoros e patógenos, tendo sido encontrada correlação entre os teores dessa substância com a resistência da planta (Misaghi, 1980; Goodman et al., 1986). Portanto, o nível de infestação e ou infecção vegetal podem ser atribuídas às diferenças nas concentrações desses compostos nas partes da planta.

Estudos efetuados sobre o assunto demonstraram que os aumentos dos compostos fenólicos nas plantas estão diretamente relacionados com a resistência à infestação e ou infecção de pragas e doenças, respectivamente. Entretanto, pouco se sabe sobre os níveis dos fenóis durante os estádios fenológicos do cafeeiro, em particular, nas fases de frutificação, bem como em razão das variações climáticas ao longo do ciclo da planta. Tais conhecimentos são fundamentais para a previsão dos riscos de ataques dos organismos ao cafeeiro, servindo como uma ferramenta auxiliar para orientar o manejo das plantas.

Os compostos fenólicos podem estar envolvidos nos mecanismos bioquímicos e estruturais de resistência em plantas (Nicholson & Hammerschmidt, 1992). Segundo Vidhysekaran (1988), diversas substâncias fenólicas estão associadas às resistências às doenças. Folhas de cevada inoculadas com *Erysiphe graminis* f. sp. *hordei* acumularam substâncias de natureza aromática, diferente da lignina, nos sítios de penetração do fungo (Mayama & Shishiyama, 1978).

Honner (1988) observou nos estádios fenológicos e durante um período de estresse ambiental, que as plantas podem alterar a produção de taninos. Estudos em casa-de-vegetação evidenciaram que as plantas a pleno sol possuíam níveis de taninos duas a três vezes superiores às plantas que cresceram sob sombreamento (Coley, 1987). Do mesmo modo, Johnson et al. (1997) constataram que os níveis foliares de taninos e polifenóis em mudas de *Fagus sylvatica* foram elevados em plantas expostas ao sol, em comparação com aquelas desenvolvidas à sombra ou submetidas a meia sombra (exposição a 50 % de luz).

Os frutos em desenvolvimento mobilizam assimilados através da importação de carboidratos na fase de expansão. Parte do carboidrato é utilizada para a formação de folhas e ramos novos e para retenção de frutos. A presença dos frutos estimula a fotossíntese, tanto que nos cafeeiros frutíferos é maior a quantidade de matéria seca do que naqueles sem frutos. Os próprios frutos em desenvolvimento (verdes), devido à presença de estômatos, podem sintetizar carboidratos, embora sua contribuição seja pequena.

O estágio fenológico do cafeeiro, principalmente durante a frutificação, influencia o teor de compostos fenólicos da planta, pois a produção abundante de frutos pode causar desequilíbrios nutricionais, tornando os cafeeiros suscetíveis às doenças e pragas. Durante as fases de maturação do grão de sorgo, Rodrigues et al. (1992) verificaram que a variação no teor de taninos estava associada com o menor ataque de pássaros. Os autores reportaram que, na fase de grão leitoso, o teor de taninos era elevado, não observando nenhum dano, o que ocorreu somente a partir da fase de grão pastoso, estágio em que os materiais genéticos com alto teor de taninos não foram consumidos pelos pássaros.

Independentemente das interações hospedeiro – praga e patógeno existentes, os compostos fenólicos estão presentes e suas frações variam conforme a cultivar, a idade da planta, as condições ambientais em que as mesmas estão inseridas, o estado nutricional e a fenologia.

Esse trabalho foi realizado com o objetivo de avaliar o teor de fenóis totais nas folhas de cafeeiros durante o ciclo da planta nas fases de frutificação, em função da produção e das condições climáticas. A hipótese de trabalho se fundamenta na ocorrência de variações nos teores de fenóis, os quais podem ser correlacionados com os fatores do ambiente e a fenologia da planta, servindo como uma ferramenta auxiliar no manejo da cultura em relação aos fatores bióticos, durante o desenvolvimento do cafeeiro. Tais informações poderão ser de grande utilidade para a previsão do controle fitossanitário, utilizadas, por exemplo, em estações de alerta.

Material e Métodos

O experimento foi realizado em uma cultura de café irrigado por gotejamento, *Coffea arabica* L. cv. Obatã IAC 1669-20, em formação, com quatro anos de idade. O manejo e os tratamentos culturais foram realizados de acordo com as técnicas agronômicas preconizadas para a cultura do cafeeiro a fim de evitar o estresse proporcionado pela nutrição, pela água, por ataques de pragas e doenças, por infestação de plantas daninhas e, assim, não introduzir erros experimentais.

Para a realização do experimento foi adotado o delineamento experimental inteiramente casualizado, utilizando cinco repetições constituídas por plantas individuais.

Os teores de fenóis totais foram determinados no terceiro par de folhas dos ramos plagiotrópicos voltados para as entrelinhas e localizados na porção mediana das plantas.

As coletas foram efetuadas, durante a fase de frutificação do cafeeiro, totalizando seis coletas de folhas nas seguintes épocas: (i) fase “chumbinho” (22/11/2003); (ii) expansão (18/12/2003), (iii) granação (05/03/2004), (iv) início da maturação (19/05/2004), (v) final da maturação (12/07/2004) e (vi) florescimento (07/10/2004). A determinação de fenóis totais foi efetuada de acordo com o seguinte procedimento: adicionou-se 50 µL do extrato de folhas em tubos de ensaio contendo 450 µL de água destilada, 250 µL do reagente Folin Ciocalteu (1N) diluído (1:1) e 1,25 mL de carbonato de sódio

(20%). Os tubos de ensaio com o extrato para análise foram agitados e, após 40 minutos, procedeu-se às leituras em espectrofotômetro, medindo a absorbância a 725 nm. Para a obtenção dos resultados de fenóis totais ($\text{mg } 100\text{g}^{-1}$) utilizou-se como padrão o ácido tânico.

Para avaliar a influência do clima sobre a formação de fenóis totais, foram adotadas as seguintes variáveis predictoras: radiação global ($\text{MJ m}^{-2}\text{dia}^{-1}$), insolação diária (horas dia^{-1}) e a temperatura diária (média e máxima, $^{\circ}\text{C}$).

Esses dados foram obtidos no posto Meteorológico da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, localizado, aproximadamente, 100 m da área experimental.

Após a análise de variância foi aplicado o teste t de Student ao nível de 5 % de significância para a comparação das médias dos tratamentos.

Resultados e Discussão

A frutificação do cafeeiro pode ser dividida em seis fases distintas: florescimento (E6); fruto em “chumbinho” (E1), fruto em expansão (E2); fruto em granação (E3); fruto em maturação inicial (E4) e em maturação final (E5).

A Tabela 1 reúne os valores médios de fenóis totais determinados nas folhas das plantas de café durante as fases de frutificação.

Tabela 1. Teores médios de fenóis totais ($\text{mg } 100\text{ g}^{-1}$) nas folhas de cafeeiro nos períodos das fases de frutificação do café.

FASES DA FRUTIFICAÇÃO	FENÓIS TOTAIS (Médias: $\text{mg } 100\text{ g}^{-1}$)	Resultados ao nível de 5 % de significância
E1 – E2	14,72 – 11,79	Diferentes
E2 – E3	11,79 – 10,63	Iguais
E3 – E4	10,63 – 13,40	Diferentes
E4 – E5	13,40 – 12,15	Iguais
E5 – E6	12,15 – 13,87	Iguais

Na fase fenológica E1 (frutos em “chumbinho”), as folhas de café (Tabela 1) sintetizaram maior quantidade de compostos fenólicos ($14,72\text{ mg } 100\text{ g}^{-1}$), aproximadamente, 25 % superior à quantidade determinada na fase E2 (fruto em expansão; $11,79\text{ mg } 100\text{ g}^{-1}$). Na fase E3 (frutos em granação) apresentou uma produção de fenóis totais ($10,63\text{ mg } 100\text{ g}^{-1}$) inferior à fase equivalente a E4 (início da maturação; $13,40\text{ mg } 100\text{ g}^{-1}$), da ordem de 21 %.

Nas Figuras 1 pode-se observar a variação dos teores de compostos fenólicos nas folhas ao longo das fases fenológicas equivalente à frutificação, em cafeeiros.

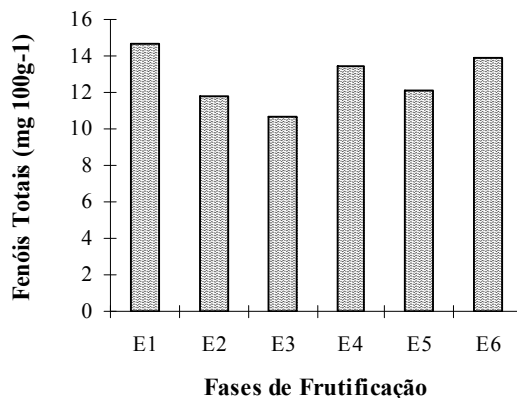


Figura 11 - Teores de fenóis totais ($\text{mg } 100\text{g}^{-1}$) nas folhas das plantas de café nos períodos equivalentes as fases de frutificação

O cafeeiro com elevada produção de frutos demanda grandes quantidades de fotoassimilados nas fases de expansão e granação para o crescimento e desenvolvimento dos frutos e, conseqüentemente, maior acúmulo de matéria seca, conforme constatado por Chaves e Sarruge (1984). Nesses períodos da frutificação, o nível de carboidrato disponível para o metabolismo secundário diminui, aumentando, provavelmente, a suscetibilidade das plantas aos ataques de organismos. Portanto, as fases E2 (fruto em expansão) e E3 (fruto em granação), equivalente ao período de dezembro a

janeiro no presente trabalho, as plantas com produção apresentaram a menor quantidade de substâncias protetivas – compostos fenólicos.

No período em que não há crescimento visível dos frutos, o qual corresponde à fase “chumbinho”, o acúmulo de matéria seca é mínimo, da ordem de 21,2 %, que equivale a 900 g cova⁻¹ (Chaves & Sarruge, 1984) (Figura 2). Nessa fase fenológica o teor médio de fenóis totais é superior àquele determinado no estágio de expansão, fase de crescimento rápido dos frutos.

O acúmulo de matéria seca nos frutos em fase de maturação é da ordem de 5,8 % (4,2 kg cova⁻¹), representando uma diminuição acentuada em relação às fases anteriores (Figura 2). Nesta fase ocorrem apenas reações químicas relacionadas com a maturação fisiológica do fruto, sendo assim o teor médio de fenóis totais é superior à quantidade determinada na fase de granação, em que há formação do endosperma.

Na Figura 2 constata-se que existe correlação entre as concentrações de fenóis e as temperaturas. A síntese de fenóis apresenta uma tendência inversa a temperatura, diminuindo os teores dessa substância na medida em que aumenta este parâmetro atmosférica. Estes dados evidenciam que a produção de fenóis está relacionada de maneira indireta com a temperatura, independentemente dos valores máximo, mínimo e médio do mesmo. Essa afirmação (ação indireta) se fundamenta na dependência do metabolismo secundário em relação ao primário, cuja resposta aos fatores bióticos e ou abióticos depende do grau de interferência na atividade do metabolismo principal.

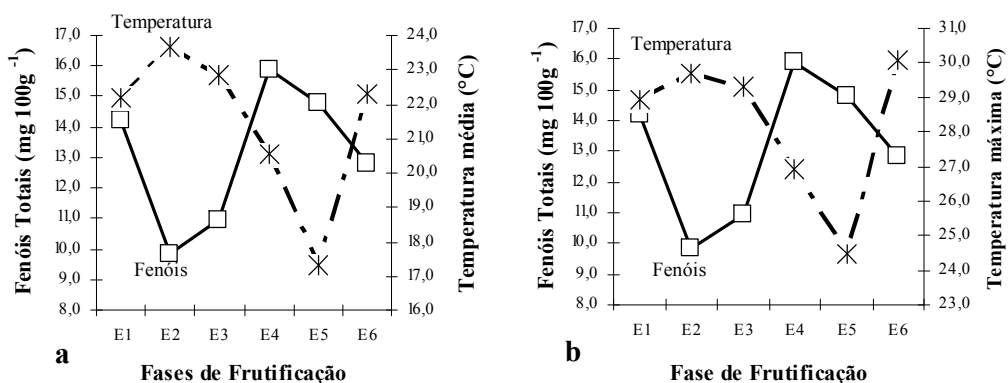


Figura 2 - Teores de fenóis totais (mg 100 g⁻¹) nas folhas de café em razão das fases fenológicas da frutificação e da variação da temperatura média (a) e máxima (b), °C

As plantas com produção demandam maiores quantidades de carboidratos para o crescimento dos frutos nos períodos de expansão e granação, a qual varia com as condições climáticas como a temperatura, radiação e água. Portanto, tanto os frutos como o crescimento vegetativo em cafeeiros em formação, como no presente experimento, se alterna como drenos de açúcares, competindo com o metabolismo secundário, por reduzir o saldo de sacarose e, assim, a síntese de fenóis. Na cultura do café essa afirmação se justifica uma vez que as fases vegetativas e reprodutivas ocorrem concomitantemente.

A radiação global (MJ m⁻² dia⁻¹) e a síntese de fenóis totais (mg 100g⁻¹) apresentaram comportamentos semelhantes aquele verificado para a temperatura, ou seja, variaram inversamente conforme pode ser visualizado na Figura 3. A explicação para essa relação se deve ao fato de que a temperatura atmosférica é uma medida de calor, dependente da quantidade de energia no ambiente, determinada por meio da radiação global (MJ m⁻² dia⁻¹).

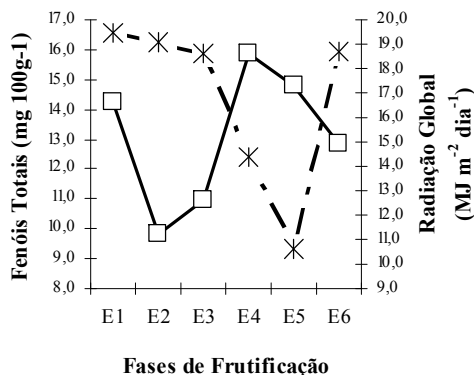


Figura 3 - Teores de fenóis totais (mg 100 g⁻¹) nas folhas em razão das fases fenológicas de frutificação e da variação da radiação global (MJ m⁻² dia⁻¹)

Do exposto a orientação do manejo fitossanitário deve considerar as épocas em que há comprometimento da defesa natural da planta, em relação à produção de substâncias protetivas – os fenóis.

Referências bibliográficas

- Bol, J.F.; Linthorst, H.J.M; Cornelissen, B.J.C. Plant pathogenesis-related proteins induced by virus infection. **Annual Review of Phytopathology**, v.28, p.113-138, 1990.
- Chaves, J. C.D; Sarruge, J.R. Alterações nas concentrações de macronutrientes nos frutos e folhas do cafeeiro durante o ciclo produtivo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.19, n.4, p.427-432, 1984.
- Coley, P.D. Patterns of defence in plants: why do herbivores prefer certain species? **Revista de Biologia Tropical**, v.35, n.1, p.151-164, 1987.
- Goodman, R.N.; Kiraly, Z.; Wood, K.R. **The Biochemistry and physiology of plant disease**. Columbi: University of Missouri Press, 1986. 443p.
- Gravena, S. **Manejo ecológico de pragas do cafeeiro**. In: CURSO DE ATUALIZAÇÃO EM CAFÉ 3., Campinas: Consórcio brasileiro de pesquisa e desenvolvimento do café, 2003. p.16-37.
- Honner, J.D. Astringency of Douglas-fir foliage in relation to phenology and xylem pressure pontencial. **Journal of Chemical Ecology**, v.14, n.4, p.1227-1237, 1988.
- Johnson, J.D.; Tognetti, R.; Michelozzi, M.; Pinzauti S.; Minotta, G.; Borghetti, M. Ecophysiological responses of *Fagus sylvatica* to changing light conditions. II. The interactions of light environment and soil fertility on seedling physiology. **Physiologia Plantarum**, v.101, n.1, p.124-134, 1997.
- Kosuge, T. The role of phenolics host response to infection. **Annual Review of Phytopathology**, v.7, p.195-222, 1969.
- Mayama, S.; Shishiyama, J. Localized accumulation of fluorescent and U.V. absorbing compounds at penetration sites in barley leaves infected with *Erysiphe graminis hordei*. **Physiological Plant Pathology**, n.13, p.347, 1978.
- Misaghi, I.J. **Physiology and biochemistry of plant-pathogen interactions**. New York: Plenum Press, 1980. 205p.
- Nicholson, R.L.; Hammerschmidt, R. Phenolic compounds and their role in disease resistance. **Annual Review of Phytopathology**, v.30, p.369-389, 1992.
- Rodrigues, W.A.; Paiva, E.; Santos, F.G. dos; Rodrigues, J.A. dos S. Variabilidade para teor em sorgo (*Sorghum bicolor* L.) e sua associação com a resistência a pássaros. **Ciência e prática**, v.16, n.1, p.74-77, jan./mar. 1992.
- Vidhysekaran, P. **Physiology of disease resistance in plants**. v.I. Boca Raton: CRC Press, 1988. 149p.
- Zuluaga, V.J.; Valência, A.G.; Gonzalez, J. Contribucion al estudio de la natureza de la resistencia del cafeto a *Ceratocystis fimbriata* (Ell. Halst). Hunt. **Cenicafé**, v.2, n.22, p.43-68, 1971.