

EFICIÊNCIA DE UMA EQUAÇÃO PARA DETERMINAÇÃO INDIRETA DA ÁREA FOLIAR DE CAFFEEIROS ‘CONILON’¹

Marcelo Curitiba Espindula²; Alexandre Martins Abdão dos Passos³; Rutineia Jaraceski⁴; Fábio Luiz Partelli⁵; André Rostand Ramalho⁶; Alaerto Luiz Marcolan⁷

¹ Trabalho financiado pelo Consórcio Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento do Café – Consórcio Pesquisa Café

² Pesquisador, DSc, Embrapa Rondônia. marcelo.espindula@embrapa.br

³ Pesquisador, DSc, Embrapa Rondônia. alexandre.abdao@embrapa.br

⁴ Bolsista Consórcio Pesquisa Café, IC., Faculdades Integradas Aparício de Carvalho. ruti.jaraceski@gmail.com

⁵ Professor, DSc, Universidade Federal do Espírito Santo. partelli@yahoo.com.br

⁶ Pesquisador, MSc, Embrapa Rondônia. andre.rostand@embrapa.br

⁷ Pesquisador, DSc, Embrapa Rondônia. alaerto.marcolan@embrapa.br

RESUMO: Objetivou-se neste trabalho avaliar a eficiência de uma equação para determinação indireta da área foliar de clones de cafeeiros ‘Conilon’ cultivados sob as condições da Amazônia Sul Ocidental, utilizando-se medidas lineares da folha. O experimento foi realizado em Porto Velho, Rondônia, nos meses de agosto e setembro de 2011. O experimento foi conduzido em esquema fatorial 2×15 composto pela combinação de duas formas de determinação da área foliar em quinze genótipos de café (*Coffea canephora* ‘Conilon’). A área foliar foi determinada diretamente ou estimada por meio da equação $AF = 0,3064 \times Idade^{-0,0556} \times CNC^{2,0133}$ ($R^2=0,9803$). A eficiência da equação para determinação da área foliar de cafeeiros *C. canephora* ‘Conilon’ varia em função do genótipo avaliado, devendo a mesma ser validada para o genótipo que se pretende estudar.

PALAVRAS-CHAVE: *Coffea canephora*, limbo foliar, comprimento da nervura central.

EFFICIENCY OF AN EQUATION FOR INDIRECT DETERMINATION OF LEAF AREA COFFEE TREES ‘CONILON’

ABSTRACT: The objective of this study was to evaluate the efficiency of an equation for indirect leaf area of clones of coffee ‘Conilon’ grown under the conditions of the Amazon South West, using linear measurements of leaf. The experiment was conducted in Porto Velho, Rondônia, from August to September 2011. The experiment was conducted in a factorial 2×15 composed by combining two ways of determining leaf area in fifteen genotypes of coffee (*Coffea canephora* ‘Conilon’). Leaf area was determined directly or estimated by the equation $FA = 0,3064 \times Age^{-0,0556} \times CNC^{2,0133}$ ($R^2=0,9803$). The efficiency of the equation for determining leaf area of coffee *C. canephora* ‘Conilon’ varies according to genotype evaluated, and the same must be validated for genotype to be studied.

KEY WORDS: *Coffea canephora*, leaf blade, midrib length

INTRODUÇÃO

No gênero *Coffea* são descritas 103 espécies de cafeeiros (Davis et al., 2006). Destas, três são exploradas comercialmente, dentre as quais, a *Coffea arabica* L. (cafeeiros arábicas) e a *C. canephora* Pierre ex A. Froehner (cafeeiros Robustas) são as mais comercializadas no Brasil e mundialmente. A expressão “café Robusta” é uma denominação genérica que agrupa as variedades botânicas ‘Conilon’ e ‘Robusta’, ambas pertencentes a *C. canephora* (MARCOLAN et al., 2009).

O Brasil é líder mundial na produção e na exportação de café e o segundo colocado no consumo (SIQUEIRA et al., 2011). A área plantada com as espécies arábica e robusta (Conilon e Robusta) no País totalizam 2.341,73 mil hectares, com crescimento de 0,54% sobre a área de 2.329,36 hectares, existentes na safra 2012. A área em formação de cafeeiros em Rondônia é de 5.682 ha enquanto a área em produção atinge 120.487 ha, sendo que o estado produz exclusivamente a espécie *C. canephora*. A safra cafeeira do estado de Rondônia em 2013, estimada em 1.556,4 mil sacas de café beneficiado, é 13,9% (189,4 mil sacas) superior ao volume colhido na safra anterior (CONAB, 2013).

A importância da área foliar de uma cultura é amplamente conhecida por ser um parâmetro indicativo de produtividade, uma vez que o processo fotossintético depende da interceptação da energia luminosa e a sua conversão em energia química (FAVARIN et al., 2002). Maior área foliar implica maior superfície de interceptação de luz, o que poderá resultar em taxas fotossintéticas mais elevadas. Esse fato demonstra que a mensuração da área foliar é importante e pode auxiliar a avaliação do estado fisiológico de uma planta (PARTELLI et al., 2006).

A área foliar em uma cultura agrícola depende das condições edafoclimáticas do local, da cultivar e da densidade populacional, dentre outros fatores. A área foliar de uma planta depende do número e tamanho das folhas, bem como,

do tempo de permanência na planta. Em culturas anuais, a área foliar aumenta até um máximo, decrescendo após algum tempo, sobretudo em função da senescência das folhas mais velhas, por ocasião do final do ciclo (MONTEIRO et al., 2005). Em culturas perenes o decréscimo ocorre em função de estresses biótico e abióticos, ou por caducifolia.

O método tradicional utilizado para avaliação da área foliar é o direto (método destrutivo), mas vários estudos buscam métodos indiretos (não destrutivos), pois é mais prático a campo (PEKSEN, 2007), rápido e de baixo custo. Vários trabalhos foram realizados para determinar o índice de área foliar de culturas anuais como o girassol (AQUINO et al., 2011), nabo forrageiro (CARGNELUTTI FILHO et al., 2012a), feijão de porco (TOEBE et al., 2012), meloeiro (NASCIMENTO et al., 2002), mamoeiro (POSSE et al., 2009) e mucuna cinza (CARGNELUTTI FILHO et al., 2012b). O assunto também foi abordado em culturas perenes como árvores frutíferas (TIMOTHY E HEEREMA, 2010) e o café arábica (FAVARIN et al., 2002; TAVARES-JUNIOR et al., 2002; FLUMIGNAN et al., 2008), porém, para cafeeiros *C. canephora*, os estudos são inexistentes.

Para determinação indireta da área foliar do cafeeiro *C. canephora* 'Conilon' foi estabelecida uma equação a partir de medidas lineares de folhas (PARTELLI et al., 2006). Esta equação foi desenvolvida para os genótipos e condições de cultivo do estado do Espírito Santo, com clima e relevo, que diferem das condições da Amazônia Sul Ocidental. Além disso, a equação foi desenvolvida para um grupo de diferentes genótipos, não individualizados, onde não houve controle dos efeitos de genótipos. Assim, o objetivou-se neste estudo avaliar a eficiência de uma equação para determinação indireta da área foliar de clones de cafeeiros 'Conilon' cultivados sob as condições da Amazônia Sul Ocidental.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado entre agosto e setembro de 2011, no Campo Experimental da Embrapa Rondônia em Porto Velho (latitude 08° 47' 56" N, longitude 63° 50' 49" O, altitude de 88 m). A região apresenta clima do tipo Am (clima de monção) e de acordo com as normais climatológicas as temperaturas médias normais do ar oscilam de 24°C a 26°C, com máxima entre 30°C e 34°C e mínima entre 17 a 23°C. A precipitação média anual é de 2.200mm, sendo estação chuvosa de outubro a maio e a estação seca de junho a setembro. O solo é classificado como Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico típico, com textura argilosa.

O experimento foi conduzido em esquema fatorial 2x15, composto pela combinação de duas formas de determinação da área foliar (direta e indireta) com quinze clones (genótipos) de cafeeiros pertencentes ao programa de Melhoramento de Café da Embrapa Rondônia. A determinação direta da área foliar foi realizada por meio do software DDA – Determinador Digital de Área (FERREIRA et al., 2008), a partir de imagens obtidas em digitalizador de imagens. A determinação indireta foi obtida por meio da equação $\hat{A}F = 0,3064 \times \text{Idade}^{-0,0556} \times \text{CNC}^{2,0133}$ ($R^2=0,9803$) a partir de medições do comprimento da nervura central (CNC) (PARTELLI et al., 2006).

O delineamento experimental foi o inteiramente ao acaso com 64 repetições. Para cada genótipo foram selecionadas oito plantas de onde foram coletados oito folhas, um par de folhas em cada ponto cardeal da planta.

Os clones foram enumerados ordinalmente de 1 a 15 para representar, respectivamente, os genótipos 160, 199, 125, 130, 184, 155, 089, 189, 056, 203, 073, 120, 837, 703 e 836 pertencentes ao Programa de Melhoramento de Café da Embrapa Rondônia. O cafezal foi plantado em espaçamento de 3x2 m, resultando em densidade de 1.666 plantas ha⁻¹. O manejo e os tratos culturais foram realizados de acordo com as necessidades e as recomendações técnicas para a cultura (MARCOLAN et al., 2009). No período de realização das coletas em campo o cafezal apresentava 33 meses de idade.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e as médias das áreas foliares estimadas e reais foram comparadas pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$). Para verificação dos efeitos de clones as médias estimadas ou reais foram agrupadas pelo teste de Scott-Knott ($p \leq 0,05$). Determinou-se também, entre as áreas estimadas e reais, o coeficiente de correlação linear de Pearson ($p \leq 0,01$ e $p \leq 0,05$).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Houve correlação positiva entre as áreas foliares estimadas e reais para todos os clones estudados (Tabela 1). Esses resultados corroboram os relatados para *C. arabica* 'Mundo Novo IAC 388-17' em que as áreas estimadas por uma equação que utiliza o comprimento e a largura do limbo apresentaram coeficiente de determinação de 92% quando comparados com as áreas foliares reais (TAVARES-JÚNIOR et al., 2002). No entanto, as correlações significativas não foram suficientes para comprovar a eficiência de uma equação, sendo necessário averiguar se a área estimada não difere significativamente da área real.

Para as comparações entre os métodos de determinação da área foliar, o método indireto proporcionou maiores áreas foliares dos clones 1, 3, 6, 9, 10 e 11, em relação ao método direto. Por outro lado, não houve diferença entre as áreas estimadas e reais dos clones 2, 4, 5, 7, 8, 12, 13, 14, 15 (Tabela 1). Isso ocorreu, presumivelmente, devido às variações dos formatos das folhas dos clones, em relação aos formatos dos quais foi obtida a equação proposta. Esta proposição é suportada por Flumignan et al (2008) que trabalhando com uma equação baseada em dimensões foliares de *C. arabica* encontraram semelhanças entre as áreas foliares estimadas e reais somente quando as folhas estavam íntegras, e não quando as folhas estavam danificadas, indicando que quando o formato da folha difere dos padrões, que geraram a equação, a mesma se torna ineficiente para estimativa da área foliar.

Tabela 1. Área foliar estimada e real de clones de cafeeiros *C. canephora* aos 33 meses de idade. Porto Velho, RO, 2011.

Genótipo	Área Foliar (cm ²)*		Correlação (r)	CV (%)
	Estimada	Real		
Clone 1 (160)	96,33Aa	87,91Bb	0,60**	20,94
Clone 2 (199)	78,46Ba	75,43Ca	0,88**	19,60
Clone 3 (125)	97,76Aa	81,23Cb	0,92**	18,40
Clone 4 (130)	59,24Ea	58,60Ea	0,87**	17,23
Clone 5 (184)	71,74Ca	69,27Da	0,90**	16,07
Clone 6 (155)	64,52Da	52,18Fb	0,82**	18,90
Clone 7 (089)	69,30Ca	66,68Da	0,88**	19,41
Clone 8 (189)	53,60Fa	51,36Fa	0,94**	22,28
Clone 9 (056)	73,88Ca	65,13Db	0,88**	18,65
Clone 10 (203)	75,63Ca	66,48Db	0,92**	26,86
Clone 11 (073)	81,43Ba	73,77Cb	0,87**	21,58
Clone 12 (120)	58,97Ea	57,28Ea	0,90**	16,34
Clone 13 (837)	75,28Ca	77,93Ca	0,88**	19,59
Clone 14 (703)	80,23Ba	76,64Ca	0,92**	16,95
Clone 15 (836)	93,61Aa	96,83Aa	0,83**	16,67
Média geral	72,88		-----	19,69

*Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ($p \leq 0,05$). Médias seguidas pela mesma letra minúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$). **Coeficiente de correlação linear de Pearson, significativo pelo teste t ($p \leq 0,05$).

Para o presente estudo, as diferenças entre as áreas foliares estimadas e reais estão relacionadas às diferenças morfológicas das folhas, reflexo das diferenças genéticas dos clones. Tais diferenças são confirmadas pelas variações nos valores de áreas foliares encontradas, 53,6 a 97,8 cm² para área foliar estimada e 51,4 a 96,8 cm² para área foliar real (Tabela 1). Além das diferenças genéticas, Partelli et al. (2006) sugerem três equações para determinação da área estimada de cafeeiros *C. canephora*, uma para mudas, outra para plantas em fase adulta e a terceira para folhas crescidas à sombra, indicando que outros fatores podem influenciar o desenvolvimento da folha e, com isso, inviabilizar a utilização de uma equação estabelecida sob condições específicas.

Os resultados deste trabalho sugerem que a equação proposta não é eficiente para estimar a área foliar de todos os genótipos de *C. canephora*. Porém, o fato de 60% dos clones estudados apresentarem áreas estimadas e reais semelhantes, sugere que a equação pode ser utilizada desde que seja validada para o clone que se pretende acompanhar o crescimento. Como o café é uma cultura perene e, como os clones lançados pelos programas de melhoramento permanecem no mercado por longo período, a validação da equação para estes clones podem ser justificadas.

CONCLUSÃO

A eficiência da equação para determinação da área foliar de cafeeiros *C. canephora* ‘Conilon’ varia em função do genótipo avaliado, devendo a mesma ser validada para o genótipo que se pretende estudar.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AQUINO, L.A.; SANTOS JUNIOR, V.C.; GUERRA, J.V.S.; COSTA, M.M. Estimativa da área foliar do girassol por método não destrutivo. **Bragantia**. Campinas. v.70, n.4, p.832-836, 2011.

- CARGNELUTTI FILHO, A.; TOEBE, M.; BURIN, C.; FICK, A.L.; CASAROTTO, G. Estimativa da área foliar de nabo forrageiro em função de dimensões foliares. *Bragantia*, Campinas, v.71, n.1, p.47-51, 2012a.
- CARGNELUTTI FILHO, A.; TOEBE, M.; BURIN, C.; FICK, A.L.; NEU, I.M.M.; FACCO, G. Estimativa da área foliar de mucuna cinza por meio de método não destrutivo. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.42, n.2, p.238-242, 2012b.
- CONAB. Acompanhamento da Safra Brasileira. Segunda Estimativa da Safra Café Maio 2013.
- DAVIS, A. P.; GOVAERTS, R.; BRIDSON, D.M.; STOFFELEN, P. An annotated taxonomic conspectus of the genus *Coffea* (Rubiaceae). **Botanical Journal of the Linnean Society**, Londres, v.152, n.4, p.465-512, 2006.
- FAVARIN, J.L.; DOURADO NETO, D.; GARCÍA, A.G.; NOVA, N.A.V.; FAVARIN, M.G.G.V. Equações para a estimativa do índice de área foliar do cafeeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.37, n.6, p.769-773, 2002.
- FERREIRA, O.G.L.; ROSSI, F.D.; ANDRIGHETTO, C. DDA: Determinador Digital de Áreas – Software para determinação de área foliar, índice de área foliar e área de olho de lombo. Versão 1.2. Santo Augusto: IFFarroupilha. 2008.
- FLUMIGNAN, D.L.; ADAMI, M.; FARIA, R.T. Área foliar de folhas íntegras e danificadas de cafeeiro determinada por dimensões foliares e imagem digital. **Coffee Science**, Lavras, v.3, n.1, p.1-6, 2008.
- MARCOLAN, A.L. RAMALHO, A.R.; MENDES, A.M.; TEIXEIRA, C.A.D.; FERNANDES, C. F.; COSTA, J. N. M.; VIEIRA JUNIOR, J.R.; OLIVEIRA, S.J.M.; FERNANDES, S.R.; VENEZIANO, W. Sistemas de Produção 33. Cultivo dos Cafeeiros Conilon e Robusta para Rondônia. ISSN 0103-1668 Junho, 2009.
- MONTEIRO, J.E.B.A.; SENTELHAS, P.C.; CHIAVEGATO, E.J.; GUISELINI, C.; SANTIAGO, A.V.; PRELA, A. Estimativa da área foliar do algodoeiro por meio de dimensões e massa das folhas. **Bragantia**, Campinas, v.64, n.1, p.15-24, 2005.
- NASCIMENTO, I.B.; FARIAS, C.H.A.; SILVA, M.C.C.; MEDEIROS, J.F.; ESPÍNOLA SOBRINHO, J.; NEGREIROS, M.Z. Estimativa da área foliar do meloeiro. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.20, n.4, p.555-558, 2002.
- PARTELLI, F. L.; VIEIRA, H.D.; DETMANN, E.; CAMPOSTRINI, E. Estimativa da área foliar do cafeeiro conilon a partir do comprimento da folha. **Revista Ceres**, v.53, n.306, p.204-210, 2006.
- PEKSEN, E. Non-destructive leaf area estimation model for faba bean (*Vicia faba* L.) **Scientia Horticulturae**, v.113, p.322-328, 2007.
- POSSE, R.P.; SOUSA, E.F.; BERNARDO, S.; PEREIRA, M.G.; GOTTARDO, R.D. Total leaf area of papaya trees estimated by a nondestructive method. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.66, n.4, p.462-466, 2009.
- SIQUEIRA, H.M.; SOUZA, P.M.; PONCIANO, N.J. Café convencional versus café orgânico: perspectivas de sustentabilidade socioeconômica dos agricultores familiares do Espírito Santo. **Revista Ceres**, Viçosa, v.58, n.2, p.155-160, 2011.
- TAVARES JUNIOR, J.E.; FAVARIN, J.L.; DOURADO NETO, D.; MAIA, A.H.N.; FAZUOLI, L.C.; BERNARDES, M.S. Análise comparativa de métodos de estimativa de área foliar em cafeeiro. **Bragantia**, Campinas, v.61, n.2, p.199-203, 2002.
- TIMOTHY, M.S.; HEEREMA, R.J. A simple method for nondestructive estimation of total shoot leaf area in tree fruit crops. **Scientia Horticulturae**, v.125 p. 528-533. 2010.
- TOEBE, M.; CARGNELUTTI FILHO, A.; BURIN, C.; FICK, A.L.; NEU, I.M.M.; CASAROTTO, G.; ALVES, B.M. Modelos para estimativa da área foliar de feijão de porco por dimensões foliares. **Bragantia**, Campinas, v.71, n.1, p.37-41, 2012.