

SELEÇÃO DE GENÓTIPOS PROMISSORES DE CAFÉ CONILON EM SISTEMA AGROFLORESTAL COM BASE NO ÍNDICE DE ÁREA FOLIAR

Amanda Oliveira da Conceição, João Felipe Brites Senra, Marlon Dutra Degli Esposti, Josimar Aleixo da Silva, Alex Justino Zacarias, Fernanda Gomes da Silva, Idalina Sturião Milheiros.

¹Instituto de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural/ Centro de Pesquisa e Desenvolvimento Rural Sul, Rodovia João Domingo Zago, Km 2,5, Pacotuba - 29 323-000- Cachoeiro de Itapemirim – ES, Brasil: amandadeoliveira1@hotmail.com, joao.senra@incaper.es.gov.br, mesposti@incaper.es.gov.br, josimaraaleixo_@hotmail.com, alexjustino12@gmail.com, Fehgomes16@outlook.com, idalinasturia@gmail.com.

Resumo

O objetivo desse trabalho foi identificar genótipos promissores de *Coffea canephora* para cultivo em sistemas agroflorestais com base no índice de área foliar. O trabalho foi realizado na FEBN, pertencente ao INCAPER, localizada no município de Cachoeiro de Itapemirim-ES. O delineamento utilizado foi em blocos aumentados, com seis blocos e duas plantas por parcela. O sistema agroflorestal em avaliação é composto por duas fileiras de Bananeira (*Musa spp*) com Eucalipto (*Eucalyptus urograndis*). Os tratamentos correspondem a 94 genótipos de cafeeiro das quais quatro são testemunhas. Aos seis, 12 e 18 meses de idade foi estimado o índice de área foliar (IAF) a partir das mensurações da altura, diâmetro e volume da copa. A análise dos dados foi realizada pelo método de máxima verossimilhança restrita e melhor predição linear não viesada. Os efeitos genotípicos foram significativos na análise de deviance. Foi possível identificar os genótipos com os maiores valores de IAF, sendo os genótipos 81, 5, 3 e 49, os mais promissores para sistema agroflorestal em estudo.

Palavras-chave: *Coffea canephora*; sombreamento; BLUP/REML;

Área do Conhecimento: Engenharia Agrônômica.

Introdução

A Espécie *Coffea canephora*, originada de Guiné na Bacia do Congo, apresenta distribuição geográfica em vários países do continente africano (FERRÃO *et al*, 2017), sendo considerada uma planta de subbosque. Os Sistemas Agroflorestais (SAF's) caracterizam-se pela utilização de árvores ou outras plantas perenes lenhosas com cultivos agrícolas, pastagens e/ou animais, visando benefícios das interações ecológicas e econômicas resultantes (NAIR, 1993). Esses sistemas são estratégicos para estocagem de carbono no solo, acima e abaixo e a mitigação da emissão dos gases do efeito estufa (GEE) devendo, portanto, serem incentivados no Plano Nacional sobre Mudanças do Clima, de forma a tornar as práticas agropecuárias ambientalmente mais sustentáveis (TORRES *et al*, 2014). O uso da arborização, com a consequente atenuação da radiação solar incidente, da temperatura e da demanda evaporativa, pode resultar em melhores condições para a manutenção das trocas gasosas, com reflexos positivos sobre a produção (DAMATTA *et al*, 2019).

O Índice de Área Foliar (IAF) é uma importante variável para a estimativa dos fluxos de água, carbono e energia, se relaciona diretamente à produção primária dos vegetais (PENNACCHI *et al*, 2011), e, portanto, pode ser considerado um parâmetro importante para avaliação de cafeeiros em sistemas sombreados. Segundo Favarin *et al*. (2002) IAF é a relação funcional existente entre a área foliar e a área do terreno ocupada pela cultura, sua importância é amplamente conhecida por ser um parâmetro indicativo de produtividade, pois o processo fotossintético depende da interceptação da energia luminosa e a sua conversão em energia química.

Na literatura podem ser encontrados diversos trabalhos envolvendo o cultivo do café conilon em sistemas agroflorestais (THOMAZINI *et al*, 2013; OLIOSI *et al*, 2015; COMÉRIO *et al*, 2019; SENRA *et al*, 2019), contudo ainda são escassas informações concretas do efeito desses ambientes sobre o

IAF. Desta forma, objetivou-se com este trabalho identificar genótipos promissores de *Coffea canephora* para cultivo em sistema agroflorestal com eucalipto e banana com base no índice de área foliar.

Metodologia

O experimento foi conduzido na fazenda Experimental de Bananal do Norte (FEBN), pertencente ao Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural (Incaper), em Pacotuba, distrito do município de Cachoeiro de Itapemirim – ES, na latitude 20°45 'S e longitude 41°17' W, a 140 metros de altitude.

O sistema agroflorestal em avaliação é composto por duas fileiras de Bananeira (*Musa spp*) com Eucalipto (*Eucalyptus urograndis*) com distância de 5 metros entre elas circundando duas linhas de cafeeiro conilon espaçadas entre si por 2,5 m entre linhas e 0,8 m entre plantas. O cafeeiro foi implantado em maio de 2021 e o sistema eucalipto com bananeira foi implantado em 2017. O delineamento utilizado foi em blocos aumentados de Federer (FEDERER, 1956), com seis blocos e duas plantas por parcela. Os tratamentos corresponderam aos 94 genótipos de cafeeiros conilon (*Coffea canephora*), sendo quatro testemunhas (tratamentos não regulares): Testemunha 1 (T1 – clone 3 da variedade 'ES8142 – Vitória'); Testemunha 2 (T2 - clone 5 da variedade 'ES8122 – Jequitibá'); Testemunha 3 (T3 – clone 9 da variedade 'ES8112 – Diamante'); Testemunha 4 (T4 – clone 2 da variedade 'ES8132 – Centenária').

A adubação de plantio e condução seguiu o manual de adubação e calagem para o estado do Espírito Santo (PREZOTTI *et al.*, 2007). A unidade experimental foi mantida com irrigação por aspersão. As bananeiras foram manejadas no sistema 'Mãe-Filha-Neta', que consiste em eliminar o excedente de rebentos ou brotações, permitindo, até três plantas de diferentes idades por touceira (SALES *et al.*, 2020).

Aos seis, 12 e 18 meses de idade foram avaliadas as seguintes características para estimação do índice de área foliar:

- 1- Diâmetro da copa sentido linha (DCL, cm): foi determinada com auxílio de uma trena, medindo-se a maior distância da extremidade dos ramos que compõem a copa do cafeeiro no sentido longitudinal da linha de plantio;
- 2- Diâmetro copa sentido transversal (DCT, cm): foi determinada com auxílio de uma trena, medindo-se a maior distância da extremidade dos ramos que compõem a copa do cafeeiro no sentido perpendicular da linha de plantio;
- 3- Diâmetro médio da copa (DCM, cm): Estimado pela média entre DCL e DCT.
- 4- Altura da copa (AC, cm): foi determinada com auxílio de uma trena, medindo-se a distância entre o início da copa do cafeeiro e a sua extremidade do último nó da copa;
- 5- Volume da copa (VC, m³): Estimado pela equação de Favarin *et al.* (2002) (Equação 1):

$$VC = \pi DCM^2 AC / 12 \quad \text{Equação 1}$$

O índice de área foliar (IAF, und) foi estimado pela equação de Favarin *et al.* (2002) (Equação 2):

$$IAF = 0,0134 + 2,7791VC \quad \text{Equação 2}$$

A análise dos dados foi realizada pelo método de máxima verossimilhança restrita e melhor predição linear não viesada (REML/BLUP), utilizando-se o software Selegen (RESENDE, 2007; RESENDE, 2016), modelo 70 (Equação 3).

$$y = X_m + Z_g + W_b + T_p + e \quad \text{Equação 3}$$

Em que y é o vetor de dados, m é o vetor dos efeitos assumidos como fixo (medições), g é o vetor dos efeitos genotípicos (assumidos como aleatórios), b é o vetor dos efeitos ambientais de blocos (assumidos como aleatórios), p é o vetor dos efeitos de ambientes permanentes (assumidos como

CIÊNCIAS BÁSICAS E O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL:

A interface dos saberes para a sociedade

aleatórios, e e é o vetor de erros ou resíduos (aleatórios). As letras maiúsculas representam as matrizes de incidência para os referidos efeitos.

A significância dos efeitos aleatórios do modelo estatístico foi testada pela análise de deviance usando o teste de razão de verossimilhança (LRT) de acordo com a seguinte expressão:

$$LTR = -2(\text{Log}L - \text{Log}L_R) \quad \text{Equação 4}$$

Em que $\text{Log}L$ é o logaritmo do máximo (L) da função de verossimilhança restrita do modelo completo; e $\text{Log}L_R$ é o logaritmo do máximo (L_R) da função de verossimilhança restrita do modelo reduzido (sem o efeito ser testado). A LRT foi analisada considerando o teste de qui-quadrado com um grau de liberdade a 1, 5 e 10% de significância.

Resultados

Os parâmetros genéticos estimados para genótipos de café conilon em sistema agroflorestal apresentados na Tabela 1 indicam a possibilidade de seleção dos promissores com melhor desempenho para IAF, uma vez, que este estudo representa uma das etapas iniciais de um programa de melhoramento com foco em SAF's. A média genotípica, ou média geral, para IAF foi de 0,3835. As medidas de variância dos genótipos, blocos e parcela foram 0,007, 0,013 e parcela 0,016, respectivamente. A herdabilidade média estimada foi 0,101 e acurácia de 0,318.

Tabela 1- Componentes de variância para Índice de área foliar de genótipos de café conilon em sistema agroflorestal com eucalipto e bananeira.

Parâmetros Genéticos	Valores
Variância Genotípica (V_g)	0,007
Variância de bloco (V_{bloc})	0,013
Variância de ambiente permanente (V_{perm})	0,016
Variância residual (V_e)	0,032
Variância fenotípica residual (V_f)	0,070
Herdabilidade média de genótipo (h_{2g})	0,101
Repetibilidade de parcelas individuais (r)	0,529
Coefficiente de determinação dos efeitos do bloco ($C_{2\text{bloc}}$)	0,186
Coefficiente de determinação dos efeitos de ambiente permanente ($C_{2\text{perm}}$)	0,242
Média geral	0,3835
Acurácia	0,318

Fonte: O autor.

A partir do resultado da análise de Deviance verifica-se que os efeitos genotípicos, blocos e de parcela são significativos para o índice de área foliar. O efeito genotípico a um nível de significância de 10%, enquanto de bloco e parcela a 1%, conseqüentemente os componentes de variância e coeficientes de determinação foram significativos para cada efeito (Tabela 2).

Tabela 2- Análise de Deviance e coeficientes de determinação para Índice de área foliar de genótipos de café conilon em sistema agroflorestal com eucalipto e bananeira.

Efeito	Deviance	LRT	Componente de variância	Coefficiente de Determinação
Genotípico	-655.76	3.300	0.007	0.101 ^o
Blocos	-637.64	21.420	0.0130	0.186 ^{**}
Parcela	-643.57	15.490	0.0169	0.242 ^{**}
Modelo Completo	-659.06			

°, *, ** Níveis de significância de 10%, 5% e 1% para Qui – quadrado tabelado: 2.71, 3.84 e 6.63, respectivamente. Fonte: O autor.

Na Tabela 3 são apresentados os dez genótipos de *C. Canephora* com os maiores valores genéticos do IAF, com destaque para os genótipos 81, 5, 3 e 49, com médias preditas de 0,4904; 0,4844; 0,4794 e 0,4751 respectivamente. As testemunhas T1 e T2 obtiveram médias preditas de 0,5079 e 0,5002, ocupando as respectivas primeira e segunda posições no ordenamento.

Tabela 3 - Ordenamento de genótipos de café conilon a partir dos valores genéticos preditos para o Índice de área foliar em Sistema Agroflorestal.

Genótipos	g	g + u	Ganho	Nova média
T1	0,1244	0,5079	0,1244	0,5079
T2	0,1089	0,4924	0,1166	0,5002
81	0,0871	0,4707	0,1068	0,4904
5	0,0828	0,4663	0,1008	0,4844
3	0,0761	0,4597	0,0959	0,4794
49	0,0697	0,4533	0,0915	0,4751
74	0,0603	0,4439	0,0870	0,4706
88	0,0489	0,4325	0,0823	0,4658
17	0,0468	0,4304	0,0783	0,4619
37	0,0432	0,4268	0,0748	0,4584

g: valor genético predito; u: média geral do experimento; g+u: valor genotípico predito.
 Fonte: O autor.

Discussão

No processo de seleção genética é importante avaliar a qualidade do experimento para determinar a validade das inferências sobre os melhores genótipos, sendo a acurácia e a herdabilidade os principais parâmetros para os melhoristas (RESENDE *et al*, 2020; SENRA *et al*, 2020). A acurácia, que apresentou um valor classificado como baixo, inferior a 0,7 (RESENDE *et al*, 2007), é válida para essa etapa do programa de melhoramento.

Neste estudo a herdabilidade média estimada foi classificada como baixa, demonstrando que o IAF é uma característica muito influenciada pelo ambiente e possivelmente controlada por um grande número de genes, ou seja, uma característica quantitativa. Segundo Resende e Alves (2020) valores de herdabilidade maiores que 50 % são considerados altos, entre 15 e 50 % moderados e se menores que 15 % baixos. É importante destacar que, a herdabilidade possui um papel preditivo muito importante, pois expressa a proporção do valor fenotípico que é oriunda do valor genético.

A estimativa de parâmetros genéticos como a herdabilidade, para a identificação e seleção de genótipos superiores, são essenciais para a definição da melhor estratégia de seleção no melhoramento do cafeeiro conilon (ALKIMIM *et al*, 2021). Assim, um valor considerado baixo, como neste estudo, representa um grande desafio para o melhorista, contudo sua significância indica que existe variabilidade genética. Desta forma é possível identificar e selecionar os promissores, permitindo uma seleção precoce de materiais genéticos para composição de variedades de café conilon para sistemas agroflorestais. Assim, com base nos resultados obtidos nesse trabalho é possível identificar os genótipos com melhor adaptação em sistema agroflorestal com base no índice de área foliar.

Conclusão

Os genótipos em estudos apresentaram variabilidade genética para o índice de área foliar sob sistema agroflorestal com Eucalipto e Bananeira.

Os genótipos 81, 5, 3 e 49 foram identificados como promissores para sistema agroflorestal com Eucalipto e Bananeira.

Agradecimentos

Os autores agradecem a Fundação de Amparo à Pesquisa no Espírito Santo (FAPES), ao Consórcio Pesquisa café, Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural (INCAPER), CNPq pelo apoio financeiro, estrutural e bolsas de pesquisa.

Referências

ALKIMIM, E.R.; CAIXETA, E.T.; SOUSA, T.V.; GOIS, I. B.; SILVA, F. L.; SAKIYAMA, N. S.; ZAMBOLIM, L.; ALVES, R. S.; RESENDE, M. D. V. Designing the best breeding strategy for *Coffea canephora*: Genetic evaluation of pure and hybrid individuals aiming to select for productivity and disease resistance traits. PLoS One, v. 16, p. e0260997, 2021.

COMÉRIO, M.; FILHO, A. C. V.; SENRA, J. F. B.; VOLPI, P. S.; ANDRADE, S.; FERRÃO, R. G.; FERRÃO, M. A. G.; FONSECA, A. F. A.; MENDONÇA, R. F.; TOMAZ, M. A.; COLODETTI, T. V.; RODRIGUES, W. N.; BORGHI, J. A.; FOMACIARI, M.; PEREIRA, M. S.; ZANONI, K. P.; JUNIOR, G. Z. Análise comparativa de cafés Conilon e Arábica em sistema agroflorestal e em monocultivo. In: Simpósio de Pesquisa dos Cafés do Brasil, X., 2019., Vitória-ES.

DAMATTA, F. M., ROCNHI, C. P., SALES, E. F., ARAÚJO, J. B. S. (Ed.). Conilon Coffee. 3 edição updated and expanded Vitória, ES : Incaper, 2019. Cap. 19, p. 593-609.

FAVARIN, J. L., NETO, D. D, GARCÍA Y GARCÍA, A., NOVA, N. A. V.; FAVARIN, M. D. G. G. V. Equações para a estimativa do índice de área foliar do cafeeiro. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v. 37, p. 769-773, 2002.

FEDERER, Walter F. **Experimental design**. Vol. 81, No. 4, p. 334, LWW, 1956.

FERRÃO, R. G; FONSECA, A. F. A; FERRÃO, M. A. G; MUNER, L. H. Café Conilon. 2 edição. Vitória, ES: Incaper, 2017.

NAIR, P. K. R. An introduction to agroforestry. Dordrecht, NL, NL: Kluwer Academic Publishers, 1993. 499 p.

OLIOSI, G., GILES, J. A. D., PARTELLI, F. L., RAMALHO, J. C. Microclima e produtividade do cafeeiro conilon em sistema agroflorestal com Cedro Australiano. In: Simpósio de Pesquisa dos Cafés do Brasil, X., 2015., Curitiba-PR.

PENNACHI, J. P., MARTINS, G. A., SOUZA, V. F., FERREIRA, R. T., REIS, A. M., BARBOSA, J. P. R. A. D., BARBOSA, D. N. Estimativa do índice de área foliar de cafeeiros (*coffea arabica* L.) através de método não destrutivo: proposta para modelos empíricos. In: Simpósio de Pesquisa dos Cafés do Brasil, VII, 2011., Araxá-MG.

PREZOTTI, L. C.; OLIVEIRA, J.A.; GOMES, J.A.; DADALTO, G.G. Manual de recomendação de calagem e adubação para o Estado do Espírito Santo: 5ª aproximação. Vitória: SEEA/Incaper/CEDAGRO, 305p. 2007.

RESENDE, M, D, V 2016. Software SELEGEN-REML/BLUP: uma ferramenta útil para o melhoramento de plantas. Crop Breeding and Applied Biotechnology 16: 330-339. <https://doi.org/10.1590/1984-70332016v16n4a49>.

CIÊNCIAS BÁSICAS E O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL: A interface dos saberes para a sociedade

RESENDE, M. D. V.; ALVES, R. S. Linear, Generalized, Hierarchical, Bayesian and Random Regression Mixed Models in Genetics/Genomics in Plant Breeding. *Functional Plant Breeding Journal* 2020; 2:1–31. DOI: <https://doi.org/http%3A//dx.doi.org/10.35418/2526-4117/v2n2a1>.

RESENDE, M. D. V.; DUARTE, J. B. Precisão e controle de qualidade em experimentos de avaliação de cultivares. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, Goiânia, v. 37, p. 182-194, 2007.

SALES, R. A., SANTOS, F. N., SILVA, A. P. L., MARTELLETO, L. A. P., ROSA, R. C. C., MELO, G. J. B. Manejo de rebentos em touceiras de bananeira para 'Dois Seguidores' versus 'Mãe-Filho-Neto'. *Cadernos de Agroecologia*, v. 15, n. 2, 2020.

SENRA, J. F. B., SOUZA, G. S., KROHLING, C. A., SILVA, M. W., MENDONÇA, R. F., APOSTÓLICO, M. A. A. Seleção de clones de *coffea canephora* para o processo de colheita mecanizada no norte do espírito santo. **Revista Eletrônica Debates em Educação Científica e Tecnológica**, v. 6, n. 3, p. 45-58, 2020. DOI: <https://doi.org/10.36524/ric.v6i3.790>.

SENRA, J. F. D. B., MENDONÇA, R. F. D., FILHO, A. C. V., ARAÚJO, J. B. S., SILVA, M. W. D., VOLPI, P. S., COMÈRIO, M.; RANGEL, C. C.; FOSSE, P. F. N. Seleção de genótipos de café conilon para sistemas agroflorestais. In: Simpósio de Pesquisa dos Cafés do Brasil, X., 2019., Vitória-ES.

THOMAZINI, A., AZEVEDO, H. D., PINHEIRO, P. L., MENDONÇA, E. Indicadores participativos de qualidade do cafeeiro conilon e do solo em sistema agroflorestal e convencional. **Bioscience Journal**, v. 29, n. Suplemento 1, p. 1, 2013.

TORRES, C. M. M. E.; GONÇALVES JACOVINE, L. A.; OLIVEIRA NETO, S. N. de; BRIANEZI, D.; ALVES, E. B. B. M. Sistemas Agroflorestais no Brasil: Uma abordagem sobre a estocagem de carbono. *Pesquisa Florestal Brasileira*, [S. l.], v. 34, n. 79, p. 235–244, 2014. DOI: 10.4336/2014.pfb.34.79.633. Disponível em: <https://pfb.cnpf.embrapa.br/pfb/index.php/pfb/article/view/633>. Acesso em: 18 ago. 2022.