



4.

Aplicação da meta-análise à agricultura

Sérgio Luiz Santana de Almeida e Franciane Diniz Cogo

Os pesquisadores Sir Ronald e A. Fisher foram os primeiros a abordar análises estatísticas de maneira sistemática por meio de um conjunto de experimentos conduzidos de forma independente (LUIZ, 2002). Em 1925, publicaram a obra “Statistical Methods for Research Workers”, em que apresentaram um capítulo dedicado à combinação de probabilidades originadas de testes de significância (FISHER, 1970).

Yates, Cochran e Finney utilizavam análise conjunta desde antes da Segunda Guerra Mundial. Eles viveram em contexto de guerra, na Inglaterra cercada por submarinos alemães, onde era necessário aumentar rapidamente a produção de alimentos, visto que a maioria dos navios que os traziam, afundavam. Nesse contexto, Yates e Finney utilizaram dados de experimentos de regiões com o cultivo semelhante ao da Inglaterra, como da Grã-Bretanha e países da Europa Ocidental, para retirar conclusões sobre a máxima eficiência na aplicação de fertilizantes (FINNEY, 1995).

Nessas pesquisas iniciais, não foi encontrado o uso do termo “meta-análise”, embora fosse comum o emprego de “análise de conjunto”, que é precursora da meta-análise. Sendo assim, “análise conjunta de experimentos” é mais popular que a “meta-análise”, sendo encontrada recentemente em vários estudos aplicados na agricultura.

Um exemplo é a comparação de fontes de fertilizantes orgânicos: esterco aviário 80 L/m³, esterco bovino 300 L/m³, húmus 200 L/m³ e testemunha – sem a adição de resíduo orgânico e com as mesmas doses em experimentos diferentes, sendo, para o primeiro, utilizada a cultivar Catuaí Vermelho IAC H2077-2-5-44, e, para o segundo, a cultivar Mundo Novo IAC 379-19. Para os dois experimentos, foram realizados os tratos culturais em comum: semeadura, recipientes, preparo do substrato, cobertura dos canteiros e irrigação (COGO *et al.*, 2011). Nesse estudo, foram feitas análises individuais e conjuntas

para as características de crescimento. Antes da análise conjunta, foram examinados os quadros médios individuais por meio do teste de Hartley, seguindo os critérios de Banzatto e Kronka (1992). As médias foram comparadas pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade, por meio do *software* estatístico SISVAR (FERREIRA, 2003).

A tabela 1 mostra os resultados individuais de cada estudo. São observáveis diferenças significativas entre resíduos orgânicos sobre os parâmetros de crescimento das mudas de cafeeiro e sobre as características estudadas para ambos os experimentos. No experimento 01 (Catuaí Vermelho IAC H2077-2-544), observa-se que o resíduo orgânico de origem aviária apresentou valores superiores aos demais tratamentos para todas as variáveis em estudo. Para o experimento 02 (Mundo Novo IAC 379-19), a altura da planta, a massa seca aérea e a massa seca do sistema radicular apresentaram os melhores resultados, quando utilizados os resíduos orgânicos de aviários e esterco bovino.

Tabela 1: Análise individual para os parâmetros de crescimento: diâmetro do caule (DIAM), comprimento da raiz (CR), altura da planta (ALT), massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca do sistema radicular (MSR) e relação altura da planta/comprimento da raiz (ALT/CR) de mudas de cafeeiros.

Tratamento	DIAM (mm)	CR (cm)	ALT (cm)	MSPA (g)	MSR (g)	ALT/CR
EXPERIMENTO 1 (CATUAÍ VERMELHO IAC H2077-2-5-44)						
Aviário	2,99 a	23,89 a	25,91 a	1,05 a	0,26 a	1,09 a
Bovino	2,55 b	20,89 b	23,59 a	0,83 b	0,17 b	1,12 a
Húmus de minhoca	2,35 b	20,19 b	18,03 b	0,42 c	0,14 b	0,89 b
Testemunha	2,34 b	19,99 b	16,56 b	0,38 c	0,13 b	0,82 b
CV (%)	7,75	6,82	15,34	21,76	21,78	11,75
EXPERIMENTO 2 (MUNDO NOVO IAC 379-19)						
Aviário	2,86 a	19,20 a	26,69 a	0,89 a	0,23 a	1,42 a
Bovino	2,89 a	21,53 a	28,27 a	0,95 a	0,22 a	1,31 a
Húmus de minhoca	2,56 a	19,91 a	22,00 b	0,53 b	0,17 b	1,10 b
Testemunha	2,42 a	16,41 a	19,51 b	0,41 b	0,14 b	1,19 b
CV (%)	10,7	13,94	10,37	19,03	0,19	11,50

Nas colunas, as médias seguidas por letras distintas diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade, considerando o mesmo experimento (Fonte: Cogo *et al.*, 2011).

Pelos resultados obtidos no estudo, a interação entre experimentos (cultivar) e resíduos orgânicos foi significativa. Assim, realizaram-se os desdobramentos dos graus de liberdade do experimento (cultivar) dentro de cada resíduo orgânico (Tabela 2). Observou-se, ainda, a diferença de crescimento das mudas de cafeeiro entre cultivares nos diferentes tratamentos. Para diâmetro do caule, houve diferença significativa entre cultivares apenas no tratamento com esterco bovino, destacando-se a cultivar Mundo Novo IAC 379-19 com média superior à cultivar Catuaí Vermelho IAC H2077-2-544. Nos tratamentos com esterco bovino e húmus de minhoca sem resíduo orgânico, sobressaiu-se a cultivar Mundo Novo IAC 37919, com a maior média. Para os parâmetros comprimento da raiz, massa seca aérea e massa seca do sistema radicular, não houve diferença significativa entre as cultivares em todos os tratamentos (resíduos orgânicos e testemunha) testados. Para a relação altura da planta/comprimento da raiz, houve diferença significativa entre cultivares. A cultivar Catuaí Vermelho IAC H2077-2-5-44 apresentou menor relação do que a cultivar Mundo Novo IAC 379-19.

O uso de análise conjunta, como visto no exemplo anterior, pode ser ou não prejudicial e limitante à qualidade das conclusões obtidas nas pesquisas, porque, sem a meta-análise, é possível ocorrer uma disposição a se limitar numa análise qualitativa dos dados, deixando submersa a oportunidade de quantificar os efeitos (LUIZ, 2002). Sob o paradigma da meta-análise, os autores teriam mais liberdade no emprego quantitativo dos

dados publicados. Também, é notório que a comparação de mais de um experimento permite a obtenção de várias conclusões adicionais, sem a necessidade de repetir os experimentos, gerando, ainda, redução de custo e tempo na pesquisa.

Tabela 2: Análise conjunta para os parâmetros de crescimento em mudas de cafeeiros.

Experimentos (cultivares)	Tratamentos				CV (%)
	Aviário	Bovino	Húmus de minhoca	Testemunha	
	Diâmetro do caule (mm)				
Catuaí Vermelho IAC H2077-2-5-44	2,99 a	2,55 b	2,35 a	2,34 a	6,33
Mundo Novo IAC 379-19	2,86 a	2,89 a	2,56 a	2,42 a	
	Comprimento da raiz (cm)				
Catuaí Vermelho IAC H2077-2-5-44	19,10 a	20,89 a	20,19 a	19,99 a	20,06
Mundo Novo IAC 379-19	19,20 a	21,53 a	19,91 a	19,41 a	
	Altura de planta (cm)				
Catuaí Vermelho IAC H2077-2-5-44	25,91 a	23,59 b	18,03 b	16,56 b	5,94
Mundo Novo IAC 379-19	26,69 a	28,27 a	22,00 a	19,51 a	
	Massa seca da parte aérea (g)				
Catuaí Vermelho IAC H2077-2-5-44	1,05 a	0,83 a	0,42 a	0,38 a	20,2
Mundo Novo IAC 379-19	0,89 a	0,95 a	0,53 a	0,41 a	

Aplicação da meta-análise à agricultura

Experimentos (cultivares)	Tratamentos				CV (%)
	Aviário	Bovino	Húmus de minhoca	Testemunha	
	Massa seca radicular (g)				
Catuaí Vermelho IAC H2077-2-5-44	0,23 a	0,17 a	0,14 a	0,13 a	20,72
Mundo Novo IAC 379-19	0,26 a	0,22 a	0,17 a	0,14 a	
	Relação altura/comprimento da raiz				
Catuaí Vermelho IAC H2077-2-5-44	1,09 b	1,12 b	0,89 b	0,82 b	11,91
Mundo Novo IAC 379-19	1,42 a	1,31 a	1,10 a	1,19 a	

Médias seguidas por letras distintas diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Uma busca rápida no site de periódicos da Capes, utilizando os pares de termos-chave meta-análise x agricultura e *meta-analysis x agricultural*, encontrou 2.118 artigos publicados. Destes, apenas 9 pesquisas foram realizadas no Brasil. Talvez, o baixo número de trabalhos brasileiros esteja relacionado à falta de material didático que permita a inserção dessa técnica na iniciação científica e pós-graduação. O quadro 2 mostra algumas pesquisas publicadas utilizando meta-análise no campo agrícola.

Introdução à revisão sistemática e meta-análise aplicadas à agricultura

Quadro 2: Referências de meta-análise publicadas no campo da agronomia classificadas por ano de publicação.

Ano	Autores	Título	Referência
2018	Keane <i>et al.</i> ,	<i>Effect of floor type on performance, lying time and dirt scores of finishing beef cattle: A meta-analysis</i>	Livestock Science , v. 212, p. 57-60
2017	Cogo <i>et al.</i> ,	<i>Arbuscular mycorrhiza in Coffea arabica L.: review and meta- analysis</i>	Coffee Science , v. 12, n. 3, p. 419-443
2015	Costa <i>et al.</i> ,	Acurácia das semeadoras-adubadoras à taxa variável	Ciência rural , v. 7, p. 1205-1213
2014	Maillard <i>et al.</i> ,	<i>Animal manure application and soil organic carbon stocks: a meta-analysis</i>	Global Change Biology , v. 20, n. 2, p. 666-679
2012	Fialho <i>et al.</i> ,	<i>Changes in soil organic carbon under eucalyptus plantations in Brazil: a comparative analysis</i>	Land Degradation & Development , v. 5
2012	González-Sanchez.,	<i>Meta-analysis on atmospheric carbon capture in Spain through the use of conservation agriculture</i>	Soil & Tillage Research , June, 2012, v. 122, p. 52
2012	Linquist <i>et al.</i> ,	Uma avaliação agrônômica das emissões de gases de efeito estufa a partir de culturas de cereais importantes	Global Change Biology , v. 18, p. 194-209
2012	Virto <i>et al.</i> ,	<i>Carbon input differences as the main factor explaining the variability in soil organic C storage in no-tilled compared to inversion tilled agrosystems</i>	Biogeochemistry , v. 108, p. 17-26
2011	Bresegheleto <i>et al.</i> ,	Os resultados de 25 anos de melhoramento de arroz de terras altas no Brasil	Crop Science , p. 51, p. 914-923
2011	Chivenge <i>et al.</i> ,	Será que a aplicação combinada de orgânicos e minerais fontes de nutrientes influenciam a produtividade de milho? Uma meta-análise	Planta e do solo , 342, p. 1-30
2011	Don <i>et al.</i> ,	Impacto da mudança do uso da terra tropical sobre os estoques de carbono orgânico – uma meta-análise	Global Change Biology , 17, p. 1658-1670
2011	Fletcher <i>et al.</i> ,	Conservação da biodiversidade na era de biocombustíveis: riscos e oportunidades	Fronteiras em Ecologia e Meio Ambiente , v. 9, p. 161-16
2011	Garratt <i>et al.</i> ,	Os efeitos do sistema agrícola e fertilizantes sobre pragas e inimigos naturais: uma síntese da pesquisa atual	Agricultura, Ecossistemas e Ambiente , 14, p. 261-27