

SISTEMA DE AVALIAÇÃO PONDERADA DA MULTIFUNCIONALIDADE DA AGRICULTURA: SERES HUMANOS E SERVIÇOS ECOSISTÊMICOS

Gabriela Maria Leme Trivellato, Gabriel Adrián Sarriés, Paulo Eduardo Moruzzi Marques, Ademir de Lucas, Gustavo Nazato Furlan, Horst Bremer Neto.

Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" (ESALQ)
Centro de Energia Nuclear na Agricultura (CENA)
Universidade de São Paulo (USP)

RESUMO: O objetivo deste resumo é apresentar o Sistema de avaliação ponderada da multifuncionalidade da agricultura (MFA), desenvolvido durante a pesquisa de mestrado homônima, no Programa de Pós-Graduação Interunidades em Ecologia Aplicada (PPGI-EA), da ESALQ/CENA/USP. Surgido no âmbito do debate sobre o desenvolvimento sustentável na década de 1990, o conceito de MFA valoriza a preservação e manutenção dos serviços ecossistêmicos, a permanência das pessoas no campo, a segurança alimentar, a qualidade de vida das pessoas tanto no meio rural quanto urbano. Este sistema inspirou-se em três índices de sustentabilidade ambiental: o APOIA-Novo Rural, o Ambitec-Agro e o método francês *IDEA*. Foi testado a partir dos resultados preliminares do Censo Agropecuário 2017, do IBGE. Um banco de dados foi construído; analisado por Machine Learning nos softwares Weka e R-Action Stat e; por estatística não paramétrica, uni e multivariada, no SAS e no R.

Palavras-chave: Multifuncionalidade da agricultura; machine learning; índices de sustentabilidade ambiental.

ABSTRACT: This summary aims to present the Multifunctionality of Agriculture (MFA) Weighted Evaluation System, developed during the homonymous master's research, in the Interunits Graduate Program in Applied Ecology, from ESALQ/CENA/USP. Arising from the debate on sustainable development in the 1990s, the concept of MFA values the preservation and maintenance of ecosystem services, the permanence of people in the countryside, food security, people's life quality in both rural and urban areas. This system was inspired by three environmental sustainability indexes: APOIA-Novo Rural, Ambitec-Agro and French method *IDEA*. It was tested based on IBGE's 2017 Agricultural Census preliminary results. A database was built; analyzed by Machine Learning on Weka and R-Action Stat softwares and; by non-parametric, uni and multivariate statistical methods, on SAS and R.

Keywords: Agriculture multifunctionality; machine learning; environmental sustainability indexes.

INTRODUÇÃO

O estudo da MFA associa-se a discussões como as da segurança alimentar (RETIÈRE, 2014) e questão hídrica (CHIODI; MORUZZI MARQUES; MURADIAN, 2018).

No documento *Ecosystem and human well-being: biodiversity synthesis*, do *Millennium Ecosystem Assessment*, do *World Resources Institute*, Washinton, DC (MEA, 2005), são apresentados 37 serviços ecossistêmicos. Eles foram elencados em quatro categorias: 1. serviços de provisão (tais como alimentos, água, madeira, fibra); 2. serviços regulatórios (regulação do clima, controle de inundações, qualidade da água); 3. serviços culturais (recreação, prazer estético, realização espiritual); 4. serviços de apoio (formação do solo, fotossíntese, ciclagem de nutrientes) (MEA, 2005).

A maioria dos estudos sobre MFA realiza avaliações qualitativas de sua performance. O Sistema de avaliação ponderada da multifuncionalidade da agricultura (MFA), por sua vez, consiste numa ferramenta quantitativa de análise. Esse sistema inspirou-se em três índices de sustentabilidade ambiental: o sistema APOIA – Novo Rural (Avaliação Ponderada de Impacto Ambiental de Atividades do Novo Rural) (RODRIGUES; CAMPANHOLA, 2003); o Sistema de Avaliação de Impactos de Inovações Tecnológicas Agropecuárias (Ambitec-Agro) (RODRIGUES et. al., 2019); e o método

francês *IDEA (Indicateurs de Durabilité des Exploitations Agricoles)* (VILAIN, 2008).

MATERIAIS E MÉTODOS

Desenvolvido durante a pesquisa de mestrado homônima, no Programa de Pós-Graduação Interunidades em Ecologia Aplicada (PPGI-EA), da ESALQ/CENA/USP, este sistema de avaliação ponderada (ou índice) baseou-se em matrizes de ponderação (LEVINE et al., 2015). Foi testado a partir dos resultados preliminares do Censo Agropecuário 2017 (IBGE, 2019) considerando informações sobre o desempenho dos 5.072.152 estabelecimentos agropecuários brasileiros (IBGE, 2019). Um banco de dados foi construído; analisado por *Machine Learning* nos softwares Weka e R-Action Stat (WAIKATO UNIVERSITY, 2019; ESTATCAMP, 2020) e; por estatística não paramétrica, uni e multivariada, no software SAS e no R (SAS, 2019; MANLY; ALBERTO, 2017; LATTIN; CARROLL; GREEN, 2011; IME USP, 2020).

O índice possui 70 subindicadores, a partir dos quais os dados do IBGE são agregados em 20 indicadores, que, por sua vez, permitiram a quantificação das quatro dimensões do índice D1, D2, D3 e D4. Estas correspondem às quatro principais funções atribuídas à MFA na realidade rural brasileira, definidas por Maria José Carneiro e Renato Maluf (2003): D1) reprodução socioeconômica das famílias rurais; D2) promoção da segurança alimentar das próprias famílias rurais e da sociedade; D3) manutenção do tecido social e cultural; D4) preservação dos recursos naturais e da paisagem rural.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foi realizada uma *Principal components analysis* (PCA) com *biplot* (Machine Learning Não Supervisionado), considerando a importância de D1, D2, D3, D4 e do valor final do índice (Ind) no desempenho de cada estado e DF. No gráfico, a proximidade das dimensões D2 e D3 e dos Índice geral (Ind) indica desempenhos altos nessas variáveis preditoras para os estados de Amapá (AP), Amazonas (AM), Santa Catarina (SC) e Minas Gerais (MG). Distrito Federal se destaca com alto desempenho em D4 (Preservação dos recursos naturais e da paisagem rural).

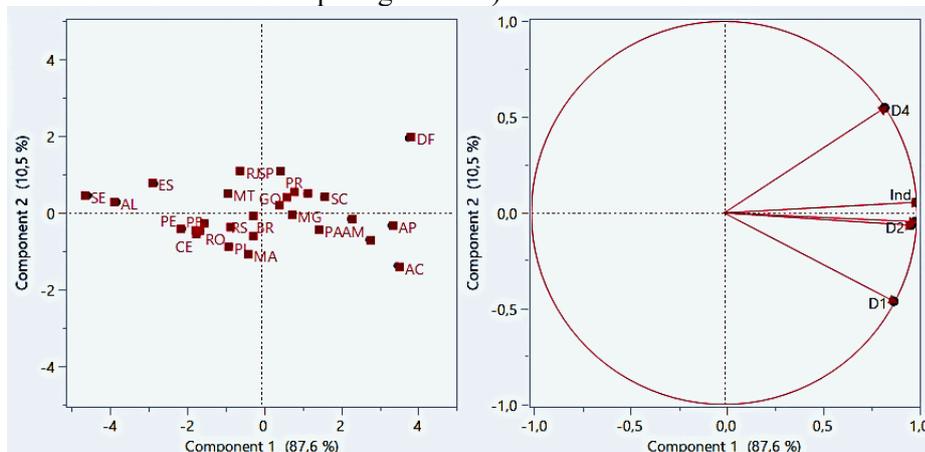


Figura 1 - *Principal components analysis* (PCA) com *biplot*. Importância das variáveis (D1, D2, D3, D4, Ind) no desempenho de cada estado e DF.

Por um gráfico de Variáveis Canônicas com *biplot* (Figura 2) (*Machine Learning* Supervisionado) (ANDERSON, 2001), as regiões brasileiras foram caracterizadas quanto a seus desempenhos nas dimensões: região Nordeste caracteriza-se pelo desempenho na dimensão D2; região Norte, por seu desempenho na D1; regiões Sudeste e Centro-Oeste, por D3; região Sul, por D4.

Por *NP MANOVA*, verificamos os resultados das Variáveis Canônicas com *biplot*, identificando que as regiões diferem entre si (a nível de significância de 1%, 5% ou 10%), exceto COvsSE (pvalor $\leq 0,1997$), SvsSE (pvalor $\leq 0,1404$), COvsN (pvalor $\leq 0,0751$) e COvsS (pvalor $\leq 0,0566$) (ANDERSON, 2001; TER BRAAK, 1990).

Foram geradas matrizes de confusão, utilizando os algoritmos de *Machine Learning* Supervisionado Para Classificação *Neural Network* e *Random Forest* (ANDERSON, 2001), para

verificar o pertencimento dos estados às respectivas regiões. Por *Neural Network*, numa matriz 5 por 5 (Figura 3), um estado da região Sudeste foi interpretado como pertencente à Norte. Este resultado se repetiu na 2 por 2 (região Sudeste *versus* outras), com 96% de Taxa de Acerto.

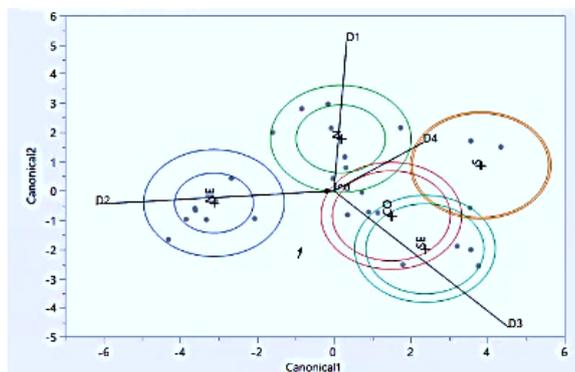


Figura 2 – Variáveis Canônicas com *biplot* por regiões brasileiras, em duas dimensões, capturando 93% da informação.

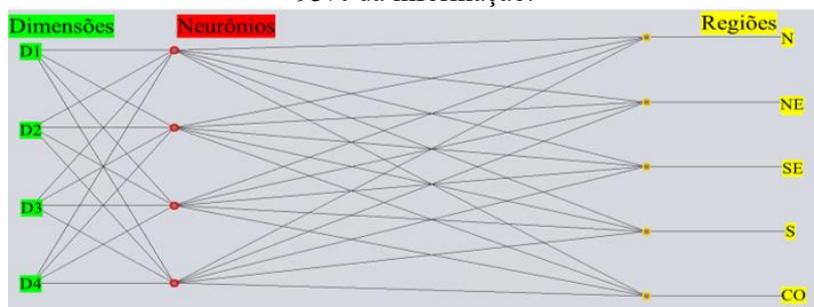


Figura 3 – Gráfico *Neural Network*, matriz 5x5 – uma camada de neurônios para evitar *overfitting*.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

No atual contexto da agricultura brasileira, no qual assistimos à perda de biodiversidade, mudanças climáticas, migrações forçadas, marginalização social, emergência de epidemias, acreditamos na importância de serem discutidos outros paradigmas de agricultura. Na MFA, reconhece-se que as pessoas desempenham um importante papel na preservação e manutenção dos serviços ecossistêmicos. Privilegiam-se a preservação ambiental, a segurança alimentar, a permanência das pessoas no campo, a qualidade de vida tanto no meio rural quanto no urbano. Sendo assim, acreditamos que fornecer uma ferramenta de análise quantitativa para o campo de estudo da MFA é uma maneira de fortalecê-lo, a fim de ampliar esse debate e favorecer a ideia de que os seres humanos são responsáveis pela preservação e manutenção dos serviços ecossistêmicos.

INSTITUIÇÃO FINANCIADORA E AGRADECIMENTOS

Este estudo conta com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Fundação CAPES).

REFERÊNCIAS

ANDERSON, M. A new method for non-parametric multivariate analysis of variance. *Austral Ecol*, n. 26, 32–46, 2001.

CARNEIRO, M.J.; MALUF, R.S. **Para além da produção: multifuncionalidade e agricultura familiar**. Rio de Janeiro: Mauad, 2003. 230p.

CHIODI, R. E.; MORUZZI MARQUES, P. E.; MURADIAN, R. S. Ruralidades e Política Ambiental: heterogeneidade socioeconômica e lógicas indiferenciadas dos projetos públicos de pagamento por serviços ambientais. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 56, n. 2, p. 239-256, 2018.

ESTATCAMP. **R- Action Stat.** (online). Disponível em: <<http://www.portalaction.com.br/content/download-action>>. Acesso em: 2 jan. 2020.

IBGE. **Características dos Estabelecimentos Agropecuários.** Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/censo-agropecuario/censo-agropecuario-2017#caracteristicas-estabelecimentos>>. Acesso em: 25 jul 2019.

IME USP. **O programa estatístico R.** Disponível em: <<https://www.ime.usp.br/~lane/home/MAE116R/progR/progR.htm>>. Acesso em: 11 nov. 2020.

LATTIN, J.; CARROLL, J. D.; GREEN, P. E. **Análise de dados multivariados.** São Paulo: Cengage Learning, 2011. 455 p.

LEVINE, D. M.; STEPHAN, D.; KREHBIEL, T. C.; BERENSON, M. L. **Estatística: teoria e aplicações-usando Microsoft Excel em português.** 6ª ed. Rio de Janeiro: LTC, 2015. 804 p.

MANLY, B. F. J.; ALBERTO, J. A. N. **Multivariate statistical methods: a primer.** Fourth Edition. New York: CRC Press, 2017. 253p.

MEA - Millennium Ecosystem Assessment. Ecosystem and human well-being: biodiversity synthesis. **World Resources Institute**, Washington, DC, 2005, 86p.

RETIÈRE, M. I. H. **Agricultores inseridos em circuitos curtos de comercialização: modalidades de venda e adaptações dos sistemas agrícolas.** 2014. 114p. Dissertação (Mestrado em Ecologia aplicada - Interunidades ESALQ-CENA) - Universidade de São Paulo. Piracicaba, 2014.

RODRIGUES, G. S.; OLIVEIRA, P. de; NOVAES, R. M. L.; PEREIRA, S. E. M.; NICODEMO, M. L. F.; SENA, A. L. dos S.; BELCHIOR, E. B.; ALMEIDA, M. R. M. de; SANTI, A.; WRUCK, F. J. Avaliação de impactos ambientais de sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta conforme contexto de adoção. In: SKORUPA, L. A.; MANZATTO, C. V. (Ed.). **Sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta no Brasil: estratégias regionais de transferência de tecnologia, avaliação da adoção e de impactos.** Brasília: DF, Embrapa, p. 314-339, 2019.

RODRIGUES, G. S.; CAMPANHOLA, C. Sistema integrado de avaliação de impacto ambiental aplicado a atividades do novo rural. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 38, n. 4, p. 445-451, Abr. 2003.

SAS. **Analytics Software & Solutions.** Disponível em: <https://www.sas.com/pt_br/home.html>. Acesso em: 21 set. 2019.

TER BRAAK, Cajo JF. Interpreting canonical correlation analysis through biplots of structure correlations and weights. **Psychometrika**, v. 55, n. 3, p. 519-531, 1990.

IX Simpósio da Pós-Graduação em Ciência do Sistema Terrestre
Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
São José dos Campos, Brasil
8 a 11 de Dezembro de 2020

VILAIN, L. **La méthode IDEA**: Indicateurs de durabilité des exploitations agricoles: Guide d'utilisation. 3^{ème} édition. Editions Educagri, Dijon, France, 2008. 100 p.

WAIKATO UNIVERSITY. **Machine Learning at Waikato University**. Disponível em: <<https://www.cs.waikato.ac.nz/~ml/>>. Acesso em: 21 set. 2019.