

AVALIAÇÃO PONDERADA DA MULTIFUNCIONALIDADE DA AGRICULTURA NO BRASIL

TRIVELLATO, G. M. L.¹; SARRIÉS, G. A.²; FURLAN, G. N.¹

¹Programa de Pós-Graduação Interunidades em Ecologia Aplicada ESALQ/CENA/USP;

²Departamento de Ciências Exatas, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”,
Universidade de São Paulo.

RESUMO

Objetiva-se apresentar os resultados da pesquisa “Sistema de avaliação ponderada da multifuncionalidade da agricultura: seres humanos e serviços ecossistêmicos”, desenvolvida junto ao PPG Interunidades em Ecologia Aplicada (ESALQ/CENA/USP). Inspirado em três índices de sustentabilidade ambiental, sendo eles: o APOIA-Novo Rural, o Ambitec-Agro e o método francês IDEA, este índice se propõe a avaliar as quatro principais funções da multifuncionalidade da agricultura (MFA) na realidade rural brasileira propostas por Maria José Carneiro e Renato Maluf: 1. reprodução socioeconômica das famílias rurais; 2. promoção da segurança alimentar das famílias rurais e da sociedade; 3. manutenção do tecido social e cultural; 4. preservação dos recursos naturais e da paisagem rural. Este índice foi testado a partir dos resultados preliminares do Censo Agropecuário 2017, do IBGE, considerando os 26 estados brasileiros e o Distrito Federal. 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. As análises revelaram os diferentes desempenhos entre as regiões brasileiras, considerando esses papéis. A identificação de tais distinções podem ser particularmente úteis na orientação de políticas públicas e iniciativas em prol do desenvolvimento de cada região, respeitando suas especificidades e levando em consideração seus pontos fortes e fracos.

Palavras-chave: Serviços ecossistêmicos; *Machine Learnig*; Índices de sustentabilidade ambiental.

INTRODUÇÃO

Nascida no âmbito do debate sobre o desenvolvimento sustentável na década de 1990, a noção Multifuncionalidade da agricultura (MFA) resgata o espaço da agricultura na sociedade, realçando sua contribuição ao equilíbrio ambiental. Seu estudo associa-se a discussões tais como aquelas ligadas aos paradigmas de produção responsáveis e sustentáveis (JOURNAL RESOLIS, 2020); ao desenvolvimento territorial (DEMATTE FILHO, 2014) e; à questão hídrica (CHIODI *et al.*, 2018).

Enquanto “prática pós-produtivista”, a MFA tem “ganhado importância no mundo todo” pois proporciona aos sistemas de produção “melhorias na qualidade do produto, preservação ambiental” e das “condições de vida dos produtores” (BENEDETTI; DALLABRIDA, 2016, p. 147). Na MFA, valorizam-se os serviços ecossistêmicos (MEA, 2005a; 2005b), assim como “a permanência das pessoas no campo, a segurança alimentar, a qualidade de vida das pessoas tanto no meio rural quanto no urbano” (TRIVELLATO *et al.*, 2020, p. 11). Benedetti e Dallabrida (2016) lembram Altieri (2009) para afirmarem que “o declínio na qualidade de vida

rural e a degradação dos recursos naturais associados à agricultura pós Revolução Verde, impulsionou a discussão sobre o desenvolvimento sustentável neste meio”. A produção agrícola passou a ser vista não somente como questão técnica, mas “um processo condicionado por dimensões ambientais, sociais, culturais, políticas e econômicas, que devem ser compatibilizadas em agroecossistemas sustentáveis” (BENEDETTI; DALLABRIDA, 2016, p. 154).

Neste texto, objetiva-se apresentar os principais resultados da pesquisa de mestrado desenvolvida junto ao Programa de Pós-Graduação Interunidades em Ecologia Aplicada (ESALQ/CENA/USP). Intitulado “Sistema de avaliação ponderada da multifuncionalidade da agricultura: seres humanos e serviços ecossistêmicos” esta pesquisa consiste no desenvolvimento de um índice centrado em avaliar a multifuncionalidade da agricultura (MFA) no contexto brasileiro, de maneira quantitativa (TRIVELLATO, 2021), Isto justifica-se na medida em que a maioria dos estudos relativos à MFA considera avaliações qualitativas de sua performance, carecendo de tal proposta analítica.

MATERIAL E MÉTODOS

O "Sistema de Avaliação Ponderada da Multifuncionalidade da Agricultura (MFA)", durante a pesquisa de mestrado (TRIVELLATO, 2021) é um índice, conforme definido por Siche *et al.* (2007): “um índice é um dado mais apurado que provém da agregação de um jogo de indicadores ou variáveis e que pode interpretar a realidade de um sistema. Por outro lado, um indicador normalmente é utilizado como um pré-tratamento aos dados originais” (SICHE *et al.*, 2007, p. 145). Sua construção foi inspirado sobretudo em três índices de sustentabilidade ambiental, da tendência "Tableaux De Bord" Via Indicadores (MACEDÔNIO, 1990; CUVILLIER, 2006): 1. o APOIA – Novo Rural (Avaliação Ponderada de Impacto Ambiental de Atividades do Novo Rural) (RODRIGUES; CAMPANHOLA, 2003); 2. o Ambitec-Agro (Sistema de Avaliação de Impactos de Inovações Tecnológicas Agropecuárias) (RODRIGUES *et al.*, 2019); 3. o método francês IDEA (*Indicateurs de Durabilité des Exploitations Agricoles*) (VILAIN, 2008).

Este sistema de avaliação ponderada (ou índice) baseou-se em matrizes de ponderação (LEVINE *et al.*, 2015). Possui quatro dimensões, variáveis resposta para a Estatística ou variáveis preditoras para *Machine Learning*, que correspondem às quatro principais funções atribuídas à MFA na realidade rural brasileira, propostas por Maria José Carneiro e Renato Maluf (2003): a) reprodução socioeconômica das famílias rurais; b) promoção da segurança alimentar das próprias famílias rurais e da sociedade; c) manutenção do tecido social e cultural; d) preservação dos recursos naturais e da paisagem rural¹.

¹ "Reprodução socioeconômica das famílias rurais" implica que exista no meio rural trabalho e renda a partir dos quais as famílias rurais consigam se manter no campo em condições dignas. "Promoção da segurança alimentar das próprias famílias rurais e da sociedade" representa a segurança alimentar, em termos da disponibilidade, acesso e qualidade dos alimentos. A "manutenção do tecido social e cultural" reconhece que a agricultura é fator definidor de identidade social das famílias rurais brasileiras. Acredita-se, nesse sentido, que é entendendo-se como agricultor que estas famílias estabelecem suas redes de sociabilidade. A "preservação dos recursos naturais e da paisagem rural" define contribuições (ou danos) da agricultura para a paisagem rural e o patrimônio natural. Nesta

O processo de seleção dos indicadores e distribuição das ponderações foi pautado por estas definições. O índice foi construído em plataforma MS-Excel. Cada uma das 4 dimensões possui 5 indicadores. Cada indicador é avaliado por, em média 6 subindicadores. O índice conta, no total, com 70 subindicadores. Além disso, as ponderações seguiram a premissa de que os aspectos culturais (Dimensão 3) tem forte influência sobre as decisões de gestão dos estabelecimentos agropecuários. A preservação dos recursos naturais impacta na segurança alimentar e reprodução sociocultural nesses espaços.

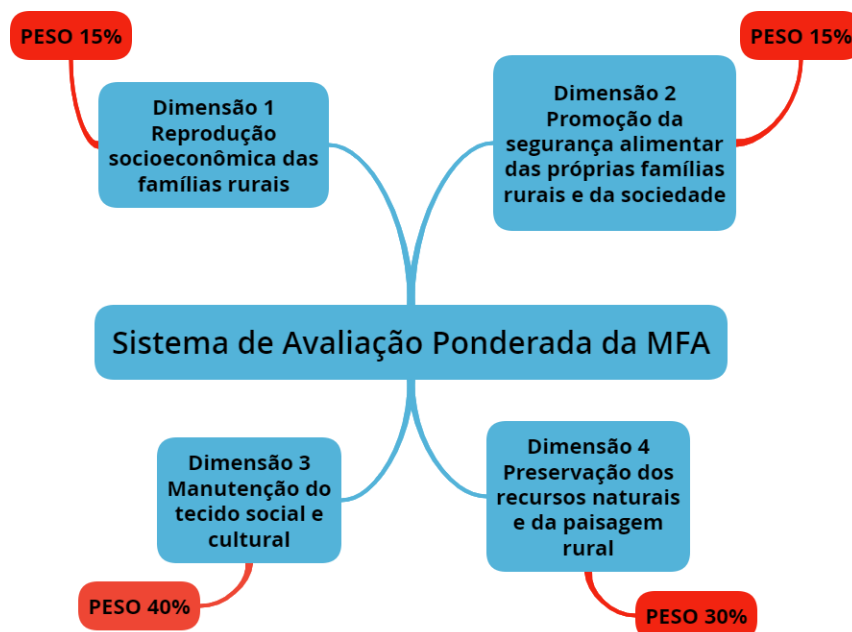


Figura 1. Ponderações das dimensões do índice. Fonte: Elaboração de Gabriela Maria Leme Trivellato, usando o GoConqr (2020).

O índice desenvolvido. Foi testado a partir dos resultados preliminares do Censo Agropecuário 2017, do IBGE, considerando informações sobre o desempenho dos 5.072.152 estabelecimentos agropecuários brasileiros (IBGE, 2019)². A utilização do banco de dados do IBGE para pesquisa direcionada ao campo das Ciências Sociais foi realizada por Cintra (2013; 2018). A partir do teste, um banco de dados foi construído e analisado por *Machine Learning* nos softwares Weka e *R-Action Stat* (WAIKATO UNIVERSITY, 2019; ACTION STAT, 2022) e; por estatística não paramétrica, uni e multivariada, nos softwares SAS e no R (SAS, 2019; MANLY; ALBERTO, 2017; LATTIN *et al.*, 2011; R PROJECT, 2022).

concepção, assume-se que o uso dos recursos naturais e a preservação da paisagem rural são essenciais para a reprodução das famílias rurais (CARNEIRO; MALUF, 2003, p. 148).

² Além dos dados do Censo Agropecuário do IBGE (2019), duas tabelas da PNAD (Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios) (PNAD IBGE, 2019) foram utilizadas para esta pesquisa.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Por um gráfico de Variáveis Canônicas com *biplot* (*Machine Learning Supervisionado*) (ANDERSON, 2001), as regiões brasileiras foram caracterizadas quanto aos seus desempenhos nas dimensões. Esses convergiram com o Teste de Comparações Múltiplas por Kruskal-Wallis ($p = 0,05$) realizado previamente nessa pesquisa (TRIVELLATO, 2021).

Estes testes revelaram que a região Nordeste é caracterizada pelo fraco desempenho na dimensão 2, relativa à promoção da segurança alimentar das próprias famílias rurais e da sociedade. A região Norte caracterizou-se pelo seu desempenho satisfatório, em relação às demais regiões, na dimensão 1, associado à reprodução socioeconômica das famílias rurais. As regiões Sudeste e Centro-Oeste caracterizam-se pelo bom desempenho na dimensão 3, ligada à manutenção do tecido social e cultural. A sobreposição destas regiões no gráfico revela desempenhos semelhantes. A região Sul caracteriza-se pelo desempenho satisfatório na dimensão 4, relacionada à preservação dos recursos naturais e da paisagem rural.

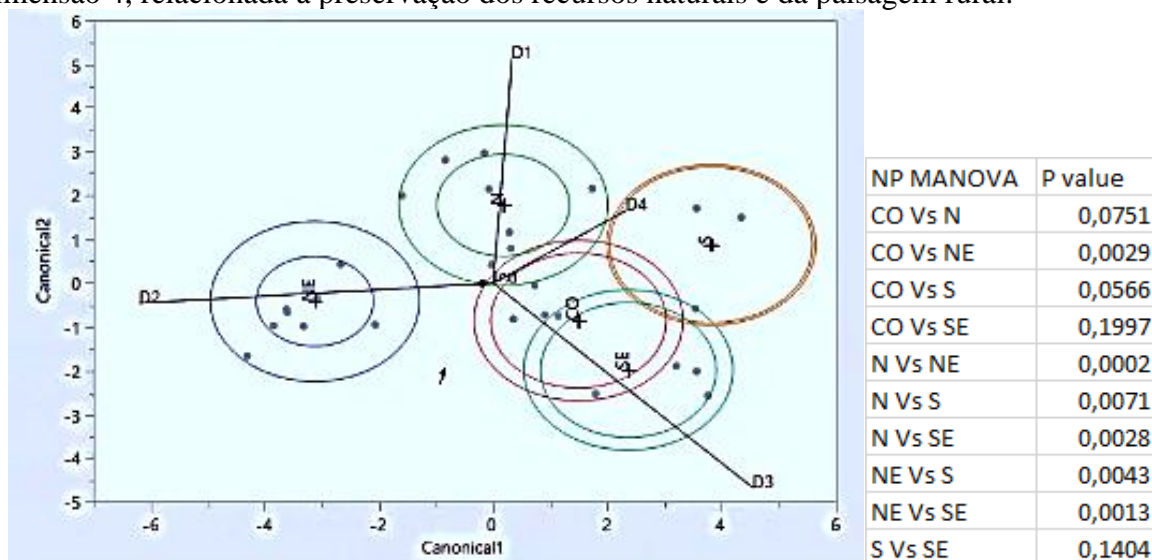


Figura 2. Variáveis Canônicas com *biplot* por região do Brasil, em duas dimensões, capturando 93% da informação. (Direita) Comparações por NP MANOVA (BUTTIGIEG; RAMETTE, 2014; Anderson, 2001). Fonte: Elaboração de Gabriel Adrián Sarriés, Gustavo Nazato Furlan e Gabriela Maria Leme Trivellato, usando os softwares SAS e R.

No gráfico, os pontos (referentes aos estados e DF) são circundados por duas regiões de confiança (coloridas). O círculo interno representa uma região de confiança de 95%. O círculo externo, uma região de confiança de 99%. 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 ($p\text{valor} \leq 0,1997$), SvsSE ($p\text{valor} \leq 0,1404$), COvsN ($p\text{valor} \leq 0,0751$) e COvsS ($p\text{valor} \leq 0,0566$) (ANDERSON, 2001; TER BRAAK, 1990). Nas Variáveis Canônicas com *biplot*, esse resultado é verificado pela intercepção dos círculos.

Por meio do Gráfico PLS (*Partial least squares*), executando método MQP (Mínimos Quadrados Parciais), foi possível identificar: alta correlação positiva da região Norte com a dimensão D1 (reprodução socioeconômica); forte correlação negativa da região Nordeste com D2 (segurança alimentar); baixa correlação positiva da região Sul com D2 e D3 (manutenção do tecido social e cultural); Sudeste e Centro-Oeste tem características similares em termos de desempenho (devido à proximidade), porém, revela-se que CO tem correlação positiva com D4 (preservação ambiental) (em 0.25 no fator 1), enquanto SE tem correlação negativa com D4 (abaixo de 0.00 no fator 1).

O principal resultado dessas análises está na necessidade de implementação de políticas e iniciativas em prol do favorecimento da segurança alimentar na região Nordeste do Brasil.

Num segundo momento, as semelhanças entre as demandas dos estados das regiões Sudeste e Centro-Oeste, sobretudo no que concerne às questões culturais e preservação ambiental pode ser um indicativo de que a gestão das demandas dessas regiões poderia ser estudada de forma integrada, respeitando as especificidades locais.

A questão relativa à reprodução socioeconômica das famílias rurais aparece como um destaque na região Norte, em relação às demais regiões. Isto pode representar uma necessidade de melhoria das demais regiões nesta dimensão (D1).

A região Sul aproxima-se das regiões Sudeste e Centro-Oeste, embora tenha suas especificidades, o que envolve principalmente a preservação dos recursos naturais e questões de cunho cultural.

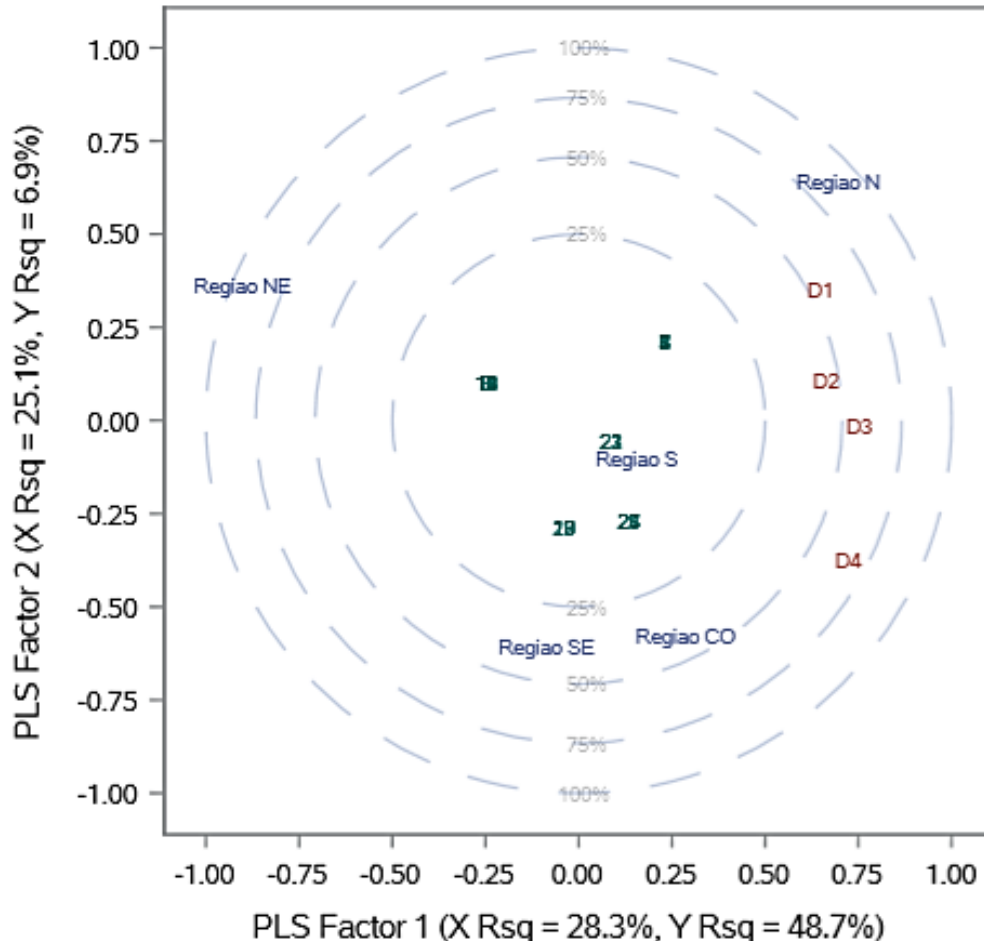


Figura 3. Gráfico PLS (*Partial least squares*), executando método MQP (Mínimos Quadrados Parciais). Correlação entre as dimensões D1, D2, D3, D4 e as regiões S, SE, CO, N, NE. Variável melhor explorada pelo modelo é D4, próxima de 75%. Fonte: Elaboração de Gabriel Adrián Sarriés, Gustavo Nazato Furlan e Gabriela Maria Leme Trivellato, usando os softwares SAS.

CONCLUSÕES

As análises por *Machine Learning* e métodos da estatística não paramétrica, uni e multivariada revelaram distintos desempenhos dos estabelecimentos agropecuários a nível de estados e regiões no que se refere à reprodução socioeconômica, segurança alimentar, manutenção do tecido social e cultural e preservação ambiental.

A identificação destas diferenças, bem como das maiores debilidades de cada região deve ser útil na orientação de políticas públicas que visem o melhor desempenho das regiões brasileiras no tocante às quatro dimensões avaliadas. De modo geral, a região Nordeste

apresenta grande demanda pelo fortalecimento da segurança alimentar. A região Norte apresenta-se como um referencial para as demais no que se refere à reprodução socioeconômica das famílias rurais e da sociedade. Os estabelecimentos agropecuários das regiões Sudeste e Centro-Oeste revelaram ter funcionamento semelhante, o que facilita o planejamento de ações para o desenvolvimento dessas regiões. A região Sul diferencia-se das demais, o que demandaria políticas específicas para esta região.

REFERÊNCIAS

ALTIERI, M. **Agroecologia: a dinâmica produtiva da agricultura sustentável**. 5 ed. Editora da UFRGS, 2009.

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

BENEDETTI, Eliziane Luiza; DALLABRIDA, Valdir Roque. Aspectos da multifuncionalidade no Planalto Norte Catarinense: adubação orgânica no incremento da produção de erva-mate. **DRd-Desenvolvimento Regional em debate**, v. 6, n. 2, p. 147-169, 2016.

BUTTIGIEG, Pier Luigi; RAMETTE, Alban. A guide to statistical analysis in microbial ecology: a community-focused, living review of multivariate data analyses. **FEMS microbiology ecology**, v. 90, n. 3, p. 543-550, 2014.

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

CENSOS IBGE. (2022). **Censo Agropecuário 2017 - Resultados Definitivos**. URL <<https://censos.ibge.gov.br/agro/2017/resultados-censo-agro-2017.html>>.

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.

CINTRA, A. P. D. U. Os pequenos municípios no Paraná: permanências e mudanças no rural (Censos 2000-2010). 2013. 188p. **Tese** (Doutorado em Sociologia). Curitiba: Programa de Pós-Graduação em Sociologia, Universidade Federal do Paraná. 2013.

CINTRA, A. P. D. U. Ruralidades paranaenses: interpretações baseadas nos censos demográficos. In BRANDENBURG, A. (org.). **Mundo Rural e Ruralidades**. Curitiba: Editora UFPR, p. 23-43, 2018.

CUVILLIER, Sandrine. Análise de metodologias de avaliação da sustentabilidade de sistemas agrícolas – Um estudo de caso da micro-produção agrícola orgânica, no Estado do Rio de Janeiro. **Dissertação** (Mestrado em Engenharia de Produção). Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). Rio de Janeiro, 2006. 190p.

DEMATTÊ FILHO, L. C. Sistema agroalimentar da avicultura fundada em princípios da Agricultura Natural: multifuncionalidade, desenvolvimento territorial e sustentabilidade. 2014. 251p. **Tese** (Doutorado em Ciências). Piracicaba: Programa de Pós-Graduação Interunidades em Ecologia Aplicada ESALQ-CENA, Universidade de São Paulo. 2014.

Action Stat (2022). **Portal Action**. Action Stat, Estatcamp, São Carlos, SP. URL <http://loja.portalaction.com.br/produto/action-stat-pro/>.

GOCONQR (2020) **Mind Maps**. (online). URL <<https://www.goconqr.com/pt-BR#>>.

IBGE (2019). **Características dos Estabelecimentos Agropecuários**. URL <<https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/censo-agropecuario/censo-agropecuario-2017#caracteristicas-estabelecimentos>>.

R PROJECT (2022). **The R Project for Statistical Computing**. RStudio, PBC, Boston, MA. URL <https://www.r-project.org/>.

JOURNAL RESOLIS (2019). **Alimentation responsable et durable**. URL <<https://www.resolis.org/programme/alimentation-responsable-et-durable/3>>.

LATTIN, James; CARROLL, J. Douglas; GREEN, Paul 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.

MACEDÔNIO, A.C. A análise ecológica-energética aplicada à agricultura. In: LA ROVÈRE, Emílio L. (org). **Capacitação para a tomada de decisões na área de energia: Energia no meio rural**. FINEP/PNUD/UNESCO, 1990. 207p.

MANLY, Bryan FJ; ALBERTO, Jorge A. Navarro. **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**, 2005a, 86p.

MEA - Millennium Ecosystem Assessment. Ecosystems and Human Well-being: Synthesis. **Island Press, Washington, DC**, 2005b, 137p.

PNAD IBGE (2019). **Análises PNAD.** URL <https://ww2.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/trabalhoerendimento/pnad2015/brasil_defaultxls_unidades.shtm>.

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. (Eds.). **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, Geraldo Stachetti; CAMPANHOLA, Clayton. Sistema integrado de avaliação de impacto ambiental aplicado a atividades do Novo Rural. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 38, n. 4, p. 445-451, 2003.

SAS (2019). **Analytics Software & Solutions.** Statistical Analysis System, Cary, NC. URL https://www.sas.com/pt_br/home.html.

SICHE, Raúl; AGOSTINHO, Feni; ORTEGA, Enrique; ROMEIRO, Ademar. Índices versus indicadores: precisões conceituais na discussão da sustentabilidade de países. **Ambiente & sociedade**, v. X, n. 2, p. 137-148, 2007.

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

TRIVELLATO, Gabriela Maria Leme. **Sistema de avaliação ponderada da multifuncionalidade da agricultura: seres humanos e serviços ecossistêmicos.** 2021. 212p. Dissertação (Mestrado em Ciências). Piracicaba: Programa de Pós-Graduação Interunidades em Ecologia Aplicada ESALQ-CENA, Universidade de São Paulo. 2021.

TRIVELLATO, Gabriela Maria Leme; SARRIÉS, Gabriel Adrián; FURLAN, Gustavo Nazato. Sistema de Avaliação Ponderada da Multifuncionalidade da Agricultura: *Machine Learning*, Índices de Sustentabilidade Ambiental e Serviços Ecossistêmicos. In: National Workshop on UI GreenMetric for Brazilian Universities, 4., 2020, Campinas, SP, Brazil, Webinar. **Anais Eletrônicos...** Campinas: Plano Diretor Integrado - UNICAMP; USP; Universitas Indonesia; GreenMetric Rankings, 2020, p. 11-12. URL <http://www.depi.unicamp.br/wp-content/uploads/2020/10/ANAIS_NWGM.pdf>.

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. (2019). **Machine Learning at Waikato University.** University of Waikato, Hamilton, North Island, New Zealand. URL <<https://www.cs.waikato.ac.nz/~ml/>>.