**Universidade de São Paulo
Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”
Centro de Energia Nuclear na Agricultura**

**Sistema de avaliação ponderada da multifuncionalidade da agricultura:
seres humanos e serviços ecossistêmicos**

Gabriela Maria Leme Trivellato

Dissertação apresentada para obtenção do título de Mestra
em Ciências. Área de concentração: Ecologia Aplicada

**Piracicaba
2021**

Gabriela Maria Leme Trivellato
Engenheira Agrônoma

Sistema de avaliação ponderada da multifuncionalidade da agricultura: seres humanos e serviços ecossistêmicos

versão revisada de acordo com a resolução CoPGr 6018 de 2011

Orientador:

Prof. Dr. **GABRIEL ADRIÁN SARRIÉS**

Dissertação apresentada para obtenção do título de Mestra em Ciências. Área de concentração: Ecologia Aplicada

Piracicaba
2021

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
DIVISÃO DE BIBLIOTECA – DIBD/ESALQ/USP

Trivellato, Gabriela Maria Leme

Sistema de avaliação ponderada da multifuncionalidade da agricultura: seres humanos e serviços ecossistêmicos / Gabriela Maria Leme Trivellato. - - versão revisada de acordo com a resolução CoPGr 6018 de 2011. - - Piracicaba, 2021.

212p.

Dissertação (Mestrado) - - USP / Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz". Centro de Energia Nuclear na Agricultura, 2020.

1. Multifuncionalidade da agricultura 2. *Machine Learning* 3. Índices de sustentabilidade ambiental 4. Serviços ecossistêmicos L. I. Título

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao Dr. Ademir de Lucas, ao Prof. Dr. Paulo Eduardo Moruzzi Marques, ao Dr. Geraldo Stachetti Rodrigues, ao Prof. Dr. Marcos Sorrentino, ao Prof. Dr. Iuri Emmanuel de Paula Ferreira, ao Prof. Dr. Rodrigo Sarruge Molina, ao Dr. Horst Bremer Neto, à Dr^a Marina Souza Dias Guyot, ao Dr. Márcio Arruda Bacchi, ao Prof. Dr. Luciano Mendes, a Bruno José Leme Trivellato e, carinhosamente ao Prof. Dr. Gabriel Adrián Sarriés e ao Ms. Gustavo Nazato Furlan.

Agradeço à Mara Piacentini Casarin, da Secretaria do Programa de Pós-Graduação Interunidades em Ecologia Aplicada - CENA/USP.

Agradeço aos funcionários da Seção de Pós-Graduação da ESALQ/USP e aos funcionários da Biblioteca Central da ESALQ/USP.

Agradeço à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Fundação CAPES), que concedeu a bolsa de estudo para realização deste mestrado.

Agradeço aos docentes e funcionários do Pavilhão de Ciências Humanas/ESALQ, e aos docentes das disciplinas cursadas neste mestrado: Prof^a Dr^a Odaléia Telles Marcondes Machado Queiroz, Prof^a Dr^a Vânia Galindo Massabni e Prof. Dr. Adalmir Leonídio.

BIOGRAFIA DA AUTORA

Engenheira Agrônoma pela ESALQ/USP (2018), com Área de Concentração em Economia, Administração e Sociologia Rural. Licenciada em Ciências Agrárias (2018) pela mesma instituição.

Escolheu como enfoque de seu estudo a multifuncionalidade da agricultura devido à abordagem holística do espaço rural, à preocupação com a vida e com o bem-estar das pessoas. Sua maior influência foram os avós Engenheiros Agrônomos Ary de Abreu Leme e Naylora de Almeida Lima Leme, formados pela ESALQ/USP em 1952. Este mestrado parte do desejo de que o conceito de multifuncionalidade da agricultura seja fortalecido e popularizado de modo a contribuir para uma agricultura preocupada com a manutenção dos serviços ecossistêmicos.

A epígrafe escolhida para este trabalho, o Cântico dos Três Jovens, do profeta Daniel, faz referência aos elementos da natureza. Remete-nos aos serviços ecossistêmicos e à responsabilidade dos seres humanos para sua manutenção. O Cântico apresenta elementos estudados ao longo de um curso de Engenharia Agrônoma: hidrologia, meteorologia agrícola, solos, pastagens, grandes culturas. Faz referência ao ecossistema terrestre como um todo, lembrando: Águas e tudo o que está sobre os céus; Sol e lua; Estrelas dos céus; Chuvas e orvalhos; Todos os ventos; Fogo e calor; Frio e geada; Orvalhos e gelos; Frios e aragens; Gelos e neves; Noites e dias; Luz e trevas; Raios e nuvens; a terra; Montes e colinas; Tudo o que germina na terra; Mares e rios; Fontes; Monstros e animais que vivem nas águas; Pássaros todos do céu; Animais e rebanhos; E vós, homens, bendizei o Senhor, louvai-o e exaltai-o eternamente!

*“Sede bendito, Senhor Deus de nossos pais, digno de louvor e de eterna glória!
 Que seja bendito o vosso santo nome glorioso, digno do mais alto louvor e de eterna exaltação!
 Sede bendito no templo de vossa glória santa, digno do mais alto louvor e de eterna glória! Sede
 bendito por penetrardes com o olhar os abismos, e por estardes sentado sobre os querubins, digno do
 mais alto louvor e de eterna exaltação!
 Sede bendito sobre vosso régio trono, digno do mais alto louvor e de eterna exaltação!
 Sede bendito no firmamento dos céus, digno do mais alto louvor e de eterna glória!
 Obras do Senhor, bendizei todas o Senhor, louvai-o e exaltai-o eternamente!
 Céus, bendizei o Senhor, louvai-o e exaltai-o eternamente!
 Anjos do Senhor, bendizei o Senhor, louvai-o e exaltai-o eternamente!
 Águas e tudo o que está sobre os céus, bendizei o Senhor, louvai-o e exaltai-o eternamente! Todos os
 poderes do Senhor, bendizei o Senhor, louvai-o e exaltai-o eternamente!
 Sol e lua, bendizei o Senhor, louvai-o e exaltai-o eternamente!
 Estrelas dos céus, bendizei o Senhor, louvai-o e exaltai-o eternamente!
 Chuvas e orvalhos, bendizei o Senhor, louvai-o e exaltai-o eternamente!
 Ó vós, todos os ventos, bendizei o Senhor, louvai-o e exaltai-o eternamente!
 Fogo e calor, bendizei o Senhor, louvai-o e exaltai-o eternamente!
 Frio e geada, bendizei o Senhor, louvai-o e exaltai-o eternamente!
 Orvalhos e gelos, bendizei o Senhor, louvai-o e exaltai-o eternamente!
 Frios e aragens, bendizei o Senhor, louvai-o e exaltai-o eternamente!
 Gelos e neves, bendizei o Senhor, louvai-o e exaltai-o eternamente!
 Noites e dias, bendizei o Senhor, louvai-o e exaltai-o eternamente!
 Luz e trevas, bendizei o Senhor, louvai-o e exaltai-o eternamente!
 Raios e nuvens, bendizei o Senhor, louvai-o e exaltai-o eternamente!
 Que a terra bendiga o Senhor, e o louve e o exalte eternamente!
 Montes e colinas, bendizei o Senhor, louvai-o e exaltai-o eternamente!
 Tudo o que germina na terra, bendizei o Senhor, louvai-o e exaltai-o eternamente!
 Mares e rios, bendizei o Senhor, louvai-o e exaltai-o eternamente!
 Fontes, bendizei o Senhor, louvai-o e exaltai-o eternamente!
 Monstros e animais que vivem nas águas, bendizei o Senhor, louvai-o e exaltai-o eternamente!
 Pássaros todos do céu, bendizei o Senhor, louvai-o e exaltai-o eternamente!
 Animais e rebanhos, bendizei o Senhor, louvai-o e exaltai-o eternamente!
 E vós, homens, bendizei o Senhor, louvai-o e exaltai-o eternamente!
 Que Israel bendiga o Senhor, e o louve e o exalte eternamente!
 Sacerdotes, bendizei o Senhor, louvai-o e exaltai-o eternamente!
 Vós que estais a serviço do templo, bendizei o Senhor, louvai-o e exaltai-o eternamente!
 Espíritos e almas dos justos, bendizei o Senhor, louvai-o e exaltai-o eternamente!
 Santos e humildes de coração, bendizei o Senhor, louvai-o e exaltai-o eternamente!
 Hananias, Azarias e Misael, bendizei o Senhor, louvai-o e exaltai-o eternamente, porque ele nos
 livrou da permanência nas trevas, salvou-nos da mão da morte; tirou-nos da fornalha ardente, e
 arrancou-nos do meio das chamas.
 Glorificai o Senhor porque ele é bom, porque eterna é a sua misericórdia.
 Homens piedosos, bendizei o Senhor, Deus dos deuses, louvai-o, glorificai-o, porque é eterna a sua
 misericórdia!”*

Cântico do três Jovens (Daniel 3, 52-90)

SUMÁRIO

RESUMO.....	8
ABSTRACT	9
1. INTRODUÇÃO.....	11
1.1 JUSTIFICATIVA	11
1.1 OBJETIVOS	16
2. REVISÃO DE LITERATURA: MFA E SERVIÇOS ECOSISTÊMICOS	19
2.1 MULTIFUNCIONALIDADE DA AGRICULTURA: CONCEITOS GERAIS	19
2.2 MULTIFUNCIONALIDADE DA AGRICULTURA: BRASIL	27
2.3 SERVIÇOS ECOSISTÊMICOS SEGUNDO O <i>MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT</i>	39
3. REVISÃO DE LITERATURA: ÍNDICES DE SUSTENTABILIDADE AMBIENTAL.....	45
3.1 ÍNDICE VERSUS INDICADOR	46
3.2 ASPECTOS GERAIS DOS DOS ÍNDICES E INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE	49
3.3 ÍNDICES DE SUSTENTABILIDADE: TENDÊNCIA "MÉTODOS ENERGÉTICOS"	58
3.3.1 Metodologia <i>Life Cycle Analysis</i>	59
3.3.2 Metodologia <i>Inputs/Outputs Analysis</i>	60
3.3.3 Análise emergética.....	61
3.3.4 <i>Ecological Footprint, Environmental Sustainability Index e Emergy Performance Index</i>	62
3.4 ÍNDICES DE SUSTENTABILIDADES: TENDENCIA " <i>TABLEAUX DE BORD</i> " VIA INDICADORES	63
3.4.1 Os indicadores internacionais da OCDE e Canadá	64
3.4.2 Os indicadores agroambientais do Canadá.....	65
3.4.3 O método de Moacir Darolt (2001).....	66
3.4.4 O MESMIS e o método de Moura (2002).....	66
3.4.5 O APOIA - Novo Rural	68
3.4.6 O Ambitec-Agro	75
3.4.7 O IDEA	77
4. REVISÃO DE LITERATURA: ESTATÍSTICA, METROLOGIA, INFORMAÇÃO E INTELIGÊNCIA ORGANIZACIONAL PARA DESENVOLVIMENTO DO SISTEMA DE AVALIAÇÃO PONDERADA DA MFA	85
4.1 REFERENCIAIS DA INTELIGÊNCIA ORGANIZACIONAL	87
4.2 <i>MACHINE LEARNING</i>	92
4.3 ESTATÍSTICA NÃO PARAMÉTRICA	96
4.4 ANÁLISE DE CORRELAÇÃO	99
4.5 COMPARAÇÕES POR KRUSKAL-WALLIS ($P = 0,05$).....	100
4.6 PRINCIPAL COMPONENTS ANALYSIS (<i>PCA</i>)	101
4.7 GRÁFICO DE VARIÁVEIS CANÔNICAS COM <i>BILOT</i>	103
4.8 NON-PARAMETRIC <i>MANOVA</i>	104
4.9 MATRIZES DE CONFUSÃO	104
4.10 NEURAL NETWORKS	105
4.11 RANDOM FORESTS	105
4.12 GRÁFICO PLS PELO MÉTODO MQP	106
4.13 GRÁFICO DE UNIFORMIDADE DE <i>SHEWHART</i>	106
5. MÉTODOS: ELABORAÇÃO DO SISTEMA DE AVALIAÇÃO PONDERADA DA MFA	111
5.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS	111
5.2 AS QUATRO DIMENSÕES: PONDERAÇÕES E INDICADORES	114
5.3 AS INTERDEPENDÊNCIAS ENTRE INDICADORES NA CONSTRUÇÃO DE UM ÍNDICE	117
5.4 OS VINTE PONTOS ESSENCIAIS PARA ANÁLISE DA MFA	118
5.5 PARTICIPAÇÃO DOS VINTE PONTOS ESSENCIAIS PARA ANÁLISE DA MFA NA COMPOSIÇÃO DO VALOR FINAL DE ÍNDICE.....	123

5.6 PARTICIPAÇÃO DOS QUATRO GRANDES CONJUNTOS DE INFORMAÇÕES COLETADAS A PARTIR DOS DADOS PRELIMINARES DO CENSO AGROPECUÁRIO 2017, DO IBGE (2019) E DUAS TABELAS DA PNAD (PNAD IBGE, 2019).....	126
5.7 AS PONDERAÇÕES DENTRO DAS QUATRO DIMENSÕES DO ÍNDICE	133
6. RESULTADOS: O SISTEMA DE AVALIAÇÃO PONDERADA DA MFA E OS DADOS PRELIMINARES DO CENSO AGROPECUÁRIO 2017, DO IBGE	155
6.1 DADOS SELECIONADOS A PARTIR DO IBGE E PNAD PARA VALORAÇÃO DOS 20 PONTOS ESSENCIAIS PARA ANÁLISE DA MFA.....	155
6.2 RESULTADOS DAS ANÁLISES POR <i>MACHINE LEARNING</i> E ESTATÍSTICA NÃO PARAMÉTRICA, UNI E MULTIVARIADA	166
7. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	181
REFERÊNCIAS	185

RESUMO

Sistema de avaliação ponderada da multifuncionalidade da agricultura: seres humanos e serviços ecossistêmicos

Este trabalho centrou-se no desenvolvimento do "Sistema de Avaliação Ponderada da Multifuncionalidade da Agricultura (MFA)". Este sistema de avaliação, ou índice inspirou-se em três índices de sustentabilidade ambiental: o APOIA-Novo Rural, o Ambitec-Agro e o método francês IDEA. Destina-se a avaliar as quatro principais funções da 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. Ferramenta desenvolvida para análise quantitativa da MFA, o índice permitiu identificar distinções entre desempenhos de estados e regiões em termos de favorecimento da MFA. Acreditamos no seu potencial para valorizar a preservação ambiental e cultural na gestão de estabelecimentos agropecuários, ou agroecossistemas, podendo viabilizar: a) comparações mais precisas entre performances agrícolas; b) definição de *benchmarks* e locais-problema; c) norteamiento de políticas públicas, favorecendo a MFA e o equilíbrio ambiental, principalmente nas áreas mais susceptíveis.

Palavras-chave: Multifuncionalidade da agricultura; *Machine Learning*; Índices de sustentabilidade ambiental; Serviços ecossistêmicos

ABSTRACT

Agriculture multifunctionality weighted evaluation system: human beings and ecosystem services

This work focused on the development of the "Weighted Assessment System for the Multifunctionality of Agriculture (MFA)". This assessment system, or index, was inspired by three environmental sustainability indexes: APOIA-Novo Rural, Ambitec-Agro and the French method IDEA. It aims to evaluate the four main functions of MFA in the Brazilian rural reality, proposed by Maria José Carneiro and Renato Maluf: 1. rural families socioeconomic reproduction; 2. rural families and society food security; 3. social and cultural relations maintenance; 4. natural resources and rural landscape preservation. This index was tested based on IBGE's 2017 Agricultural Census preliminary results, considering the 26 Brazilian states and the Federal District. 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. As a tool developed to analyze MFA quantitatively, this index identified distinctions among states and regions performances in terms of favoring MFA. We believe in this index's potential to strengthen environmental and cultural preservation in agricultural establishments - or agro-ecosystems – management. Therefore, we believe this index could enable: a) more accurate comparisons among agricultural performances; b) definition of benchmarks and problematic locations; c) guiding public policies, favoring MFA and environmental balance, especially in the most susceptible areas.

Keywords Agriculture multifunctionality; *Machine Learning*; Environmental sustainability indexes; Ecosystem services

1. INTRODUÇÃO

1.1 Justificativa

A relevância do estudo desenvolvido nesta dissertação de Mestrado deve-se ao crescimento da discussão em torno da multifuncionalidade da agricultura (MFA), destaque no documento "Agricultura, sustentabilidade e tecnologia", da EMBRAPA (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária) (LOPES; CONTINI, 2012).

Nascido no âmbito do debate sobre o desenvolvimento sustentável na década de 1990, a noção MFA resgata o espaço da agricultura na sociedade, realçando sua contribuição ao equilíbrio ambiental. Para Demattê Filho e Marques (2011), neste mesmo período, as discussões sobre MFA aumentaram devido aos inúmeros problemas sociais e ambientais decorrentes do modelo agrícola produtivista (DEMATTÊ FILHO; MARQUES, 2011).

Hoje, a MFA tem contemplado campos como: do desenvolvimento sustentável e paradigmas de produção responsáveis e sustentáveis (JOURNAL RESOLIS, 2020; CAPELLESSO; CAZELLA; ROVER, 2014; DAROLT, 2013); da segurança alimentar e circuitos curtos de comercialização (SILVA SILVEIRA, 2018; RETIÈRE, 2014); da valorização local (CROUZOUOLON, 2019) e desenvolvimento territorial (DEMATTÊ FILHO, 2014) e; da questão hídrica (CHIODI; MORUZZI MARQUES; MURADIAN, 2018).

Seguimos, nesta pesquisa a definição de MFA proposta por Maria José Carneiro e Renato Maluf (2003), segundo os quais existem quatro principais funções atribuídas à MFA na realidade rural brasileira: 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 rural.

Por "reprodução socioeconômica das famílias rurais", entende-se que deve existir no meio rural geração de trabalho e renda que permitam às famílias rurais manterem-se no campo em condições dignas. A "promoção da segurança alimentar das próprias famílias rurais e da sociedade" refere-se à garantia da segurança alimentar em termos de disponibilidade, acesso e qualidade dos alimentos. A "manutenção do tecido social e cultural" apresenta a agricultura como principal fator definidor de identidade social das famílias rurais brasileiras, sendo por meio desta condição – de agricultor que se define como tal – que ocorre a inserção social destas famílias e a definição dos seus padrões de sociabilidade. Em "preservação dos recursos naturais e da paisagem rural", consideram-se as contribuições (ou danos) da agricultura para a paisagem rural e o patrimônio natural. Nesse contexto, o uso dos recursos naturais e a preservação da

paisagem rural são fatores considerados essenciais para a reprodução das famílias rurais (CARNEIRO; MALUF, 2003, p. 148).

Diferenciamos MFA dos conceitos de pluriatividades e atividades para-agrícolas. Para Lacerda e Moruzzi Marques (2008), o conceito de pluriatividade limita-se à "atividade agrícola em tempo parcial associada, sobretudo, ao assalariamento em circunstâncias nas quais existam dinâmicos mercados de trabalho industrial ou de serviços" (LACERDA; MORUZZI MARQUES, 2008, p. 154). Já as "atividades para-agrícolas" ocorrem em paralelo à agricultura, favorecendo o cumprimento de suas múltiplas funções. Atividades em agroindústria, turismo rural ou preservação ambiental são para-agrícolas, desde que estejam associadas à unidade familiar de produção (2008). Roux e Fournel (2003) consideram que os casos de agricultores que exercem diferentes atividades em tempo integral nas suas unidades podem reforçar ações favoráveis à MFA. Neste caso, esta pluriatividade poderia ser identificada como para-agrícola.

Para desenvolvimento deste índice/sistema de avaliação da MFA, inspiramo-nos 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.*, 2015); 3. o método francês IDEA (*Indicateurs de Durabilité des Exploitations Agricoles*) (VILAIN, 2003; 2008).

Índices ou indicadores funcionam como um sinal de alarme para manifestar a situação do sistema avaliado, pois são valores estáticos, isto é, dão uma fotografia do momento atual. Sabendo que a natureza e a economia são sistemas dinâmicos, os índices não captam certos fenômenos que ocorrem no sistema, como a mudança tecnológica ou a adaptabilidade dos sistemas sociais. (...) A maioria dos índices e indicadores de sustentabilidade são considerados como informações essenciais que nos auxiliam na avaliação do sistema em estudo no presente momento, e uma alternativa na construção de cenários no caminho da sustentabilidade. (SICHE *et al.*, 2007, p. 142-143).

Na Figura 1, reproduzimos o diagrama de Shields, Šolar e Martin (2002, p. 152), adaptado por Siche *et al.* (2007), o qual esclarece a hierarquia dos dados para construção de um sistema de avaliação. Logo, o "Sistema de avaliação ponderada da MFA", tal qual o APOIA - Novo Rural, é um índice, elaborado a partir de agregação de indicadores. Os índices resultam da manipulação matemática de dados visando simplificá-los, podendo ser formados por vários tipos de indicadores (VERONA, 2010). Conforme Marzall e Almeida (2000), o desenvolvimento de indicadores para avaliar a sustentabilidade de um sistema, monitorando-o, pode viabilizar o avanço na solução de problemas ambientais e sociais levantados na análise.

Figura 1 - Nível de agregação de dados de uma determinada ferramenta de avaliação da sustentabilidade. Fonte: Adaptado de Siche *et al.* (2007, p. 139).

Para Tunstall (1992), os indicadores permitem: 1. avaliar e antecipar condições e tendências; 2. avaliar e comparar condições e situações; 3. prover informações de advertência. Podem ser utilizados em conjunto com índices ou integrados em modelos mais complexos (COSTA, 2010). Marques, Skorupa e Ferraz (2003) tratam do uso de indicadores em livro técnico da Embrapa Meio Ambiente intitulado "Indicadores de sustentabilidade em agroecossistemas".

Para Guimarães e Feichas (2009), os indicadores de sustentabilidade podem contribuir em processos decisórios que visam ao desenvolvimento sustentável. São instrumentos de avaliação que evidenciam a condição de um sistema como sustentável ou não, segundo os padrões estabelecidos para o contexto analisado (MARZALL, 1999).

A Agenda 21, elaborada a partir da Rio-92 (Conferência Mundial sobre Desenvolvimento e Meio Ambiente), enfatizou a necessidade de desenvolvimento de indicadores para cada país, de acordo com a sua realidade (UNSDP, 2019; MARZALL; ALMEIDA, 2000; VAN BELLEN, 2005; 2004a; 2004b). Segundo Siche *et. al* (2007), a Conferência definiu o desenvolvimento sustentável sob dimensões ambientais, econômicas, sociais, éticas e culturais. Para avaliar sua realização, deviam-se elaborar indicadores que mensurassem e avaliassem o sistema em estudo, considerando todos esses aspectos.

Quanto aos índices que inspiraram a elaboração deste índice/sistema de avaliação da MFA, lembramos que o método francês IDEA (*Indicateurs de Durabilité des Exploitations Agricoles*) (VILAIN, 2003; 2008) tem sido amplamente adotado na França, tendo mais de 1500 aplicações em fazendas francesas desde sua criação em 1997 até o ano de 2007 (MAIOR *et al.*,

2012). Para Zahm et. al. (2008), o IDEA auxilia agricultores e formuladores de políticas públicas na busca por uma agricultura mais sustentável.

O IDEA foi utilizado no contexto da agricultura familiar brasileira junto aos agricultores do Alto da Serra de São Pedro/SP em estudo realizado em parceria de estudantes e pesquisadores da ESALQ/USP e da AgroParisTech (CASTRO *et al.*, 2009a). A comunidade de agricultores em questão apresenta reconhecida relevância, até mesmo internacional, em termos do apoio que recebeu da extensão rural (MORUZZI MARQUES; DE LUCAS; TRIVELLATO, 2017; DE LUCAS; MORUZZI MARQUES; SARMENTO, 2010). Por sua vez, o APOIA – Novo Rural (Avaliação Ponderada de Impacto Ambiental de Atividades do Novo Rural) (RODRIGUES; CAMPANHOLA, 2003) e o Ambitec-Agro (Sistema de Avaliação de Impactos de Inovações Tecnológicas Agropecuárias) (RODRIGUES *et al.*, 2015) auxiliaram na análise do cumprimento da MFA pelo Grupo de Extensão de São Pedro/SP junto ao mesmo grupo de agricultores (TRIVELLATO, 2018).

O APOIA – Novo Rural (RODRIGUES; CAMPANHOLA, 2003) destaca-se por ter sido utilizado na avaliação de estabelecimentos de alto nível de desenvolvimento sustentável, como a fazenda “Nata da Serra” (RODRIGUES; RODRIGUES; DONATTI, 2010) e a agroindústria brasileira Korin Agropecuária Ltda (DEMATTÊ FILHO, 2014).

A fazenda Nata da Serra, localizada no município de Serra Negra, interior do estado de São Paulo, é uma propriedade modelo, segundo critérios da EMBRAPA (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária) (RODRIGUES; RODRIGUES; DONATTI, 2010), pois alcançou um índice integrado de sustentabilidade no APOIA - Novo Rural de 0,89 (em uma escala de 0 a 1,0 com a linha de base modelada em 0,70). A avaliação da Korin Agropecuária Ltda utilizando o APOIA foi apresentada na Tese de Doutorado de Demattê Filho (2014). A Korin obteve índice integrado de sustentabilidade de 0,87. Segundo Demattê Filho (2014), este desempenho justifica-se pelo seu histórico de mais de 20 anos de práticas relacionadas à Agricultura Natural. Cabe ressaltar que a referida tese foi premiada pela CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) como melhor tese no ano de 2015 na área de Ciências Ambientais (CAPES, 2019).

Este trabalho, insere-se no contexto da Ecologia Aplicada na medida em que a MFA liga-se às atuais problemáticas ambientais e sociais reveladas nos estudos sobre serviços ecossistêmicos. No documento “*Ecosystem and human well-being: biodiversity synthesis*”, do *Millennium Ecosystem Assessment*, do *World Resources Institute*, Washinton, DC (MEA, 2005a; BRUNDTLAND, 1987), são apresentados 37 serviços ecossistêmicos, desafiando a ideia de que o ecossistema se limita ao fornecimento de matérias-primas para exploração

humana. O documento entende por serviços ecossistêmicos os benefícios que as pessoas obtêm dos ecossistemas (MEA, 2005b). Eles foram elencados em quatro categorias: 1. serviços de provisão, incluindo alimentos, água, madeira e fibra; 2. serviços regulatórios, como regulação do clima, inundações, doenças e qualidade da água; 3. serviços culturais, como recreação, prazer estético e realização espiritual; 4. serviços de apoio, incluindo formação do solo, fotossíntese e ciclagem de nutrientes (MEA, 2005a).

O maior desafio de desenvolver uma ferramenta quantitativa de análise da MFA esteve no fato de que este conceito tem como pilar aspectos imateriais geralmente não consideradas pelos analistas e não-avaliados devido à falta de ferramentas disponíveis. (MEA, 2005a; 2005b; CARNEIRO; MALUF, 2005).

essa abordagem [MFA] permite resgatar a importância do conjunto de contribuições da agricultura para a dinâmica econômico-social dos territórios. Contribuições essas que, aliás, já faziam parte da prática camponesa e que foram inibidas pelo modelo produtivista. Sua maior contribuição estaria, portanto, na possibilidade de, através de uma lente (grande angular), perceber a agricultura na sua relação com as outras esferas do social. Ao direcionar a atenção para o que se nomeou de 'funções não diretamente produtivas da agricultura', ela promove um recorte analítico que favorece uma percepção holística (e não setorial) da sociedade, revelando a importância e buscando significados de atividades e relações sociais que, até então, estavam à margem das análises econômicas e das lentes dos formuladores de políticas públicas (CARNEIRO; MALUF, 2005, p. 56).

A exemplo disso, no documento *Millennium Ecosystem Assessment* (MEA) do World Resources Institute, de Washinton, DC (ASSESSMENT, 2005a), são apresentadas 37 funções do ecossistema, sendo que 13 não foram analisadas. Destas, 8 eram questões imateriais, que abordavam questões sócio-culturais e não foram analisadas porque a MEA não tinha ferramentas para quantificá-las (MEA, 2005b, p. v). No MEA, dentre os dez serviços elencados na categoria "serviços culturais", que tem forte correlação com a MFA, somente três foram avaliados: "valores religiosos e espirituais", "valores estéticos" e "recreação e ecoturismo". Os demais careciam de metodologia existente para quantificação.

Diante da importância dos serviços culturais do ecossistema para o bem-estar humano e considerando que a avaliação desses aspectos tem sido marginalizada nas análises científicas, consideramos a importância de focar o nosso sistema de avaliação ponderada da MFA nesses pontos. Cabe-nos ressaltar que os documentos do *Millennium Ecosystem Assessment* (2005a; 2005b) são indicados como bibliografia para o exame de admissão nos cursos de mestrado, doutorado e doutorado direto do Programa de Pós-Graduação Interunidades em Ecologia

Aplicada (ESALQ, 2020). Trata-se de um programa de pós-graduação de reconhecida importância na área de ciência, tecnologia e inovação (PHILIPPI JUNIOR; SILVA NETO, 2011). O referido programa, enquadrado na área de Ciências Ambientais (código 90500008), sob o código 33002037020P1, possui conceito máximo pela CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior), conforme o Parecer CNE/CES 487/2018, referente à Avaliação Quadrienal 2017 (CAPES, 2020).

1.1 Objetivos

A maioria dos estudos relativos à MFA realiza avaliações qualitativas de sua performance. Este trabalho por sua vez, centrou-se no desenvolvimento do "Sistema de Avaliação Ponderada da Multifuncionalidade da Agricultura (MFA)" (TRIVELLATO; SARRIÉS, FURLAN, 2020a; 2020b; 2020c), com o objetivo de fornecer para esse campo de estudo uma ferramenta quantitativa de análise¹.

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, do IBGE, considerando informações sobre o desempenho dos 5.072.152 estabelecimentos agropecuários brasileiros (IBGE, 2019a)². Nesse sentido, esta pesquisa inseriu-se no contexto do Brasil rural. A utilização do banco de dados do IBGE para pesquisa direcionada ao campo das Ciências Sociais foi realizada por Cintra (2013), também apresentada no artigo “Ruralidades paranaenses: interpretações baseadas nos censos demográficos” (CINTRA, 2018).

A partir do teste, um banco de dados foi construído em arquivos .txt e .arff – *software* Weka (WAIKATO UNIVERSITY, 2019), utilizando o Notepad ++³; analisado por *Machine Learning* nos *softwares* Weka e *R-Action Stat* (WAIKATO UNIVERSITY, 2019; ESTATCAMP, 2020) e; por estatística não paramétrica, uni e multivariada, nos *softwares* SAS e no R (SAS, 2019a; MANLY; ALBERTO, 2017; LATTIN; CARROLL; GREEN, 2011; IME USP, 2020). Metodologia semelhante, utilizando conjuntamente *Machine Learning* e estatística

¹ Esta dissertação seguiu as “Normas para Elaboração de Dissertações e Teses”, da Divisão de Biblioteca da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” (GARCIA; DO CARMO; DE ANDRADE FERRAZ, 2005).

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

³ A construção do banco de dados em arquivos .txt e .arff contou com o apoio do Cientista de Dados Bruno José Leme Trivellato.

para análise de dados, foi empregada no artigo “*Trace elements and Machine Learning for Brazilian beef traceability*” (FERNANDES *et al.*, 2020), premiado na categoria “*Food Authenticity and Traceability*” na “*Second Food Chemistry Conference: Shaping the Future of Food Quality, Safety, Nutrition and Health*”, organizada pela Elsevier em 17 a 19 de setembro de 2019, em Sevilha, na Espanha (ELSEVIER, 2020). Assim como no artigo “*Temporal variability of rare earth elements in Ultisol soil under citrus plants*” (TURRA *et al.*, 2020).

Esta dissertação organiza-se em cinco capítulos. O primeiro dedica-se aos conceitos de multifuncionalidade da agricultura (MFA) e serviços ecossistêmicos a partir do documento Millennium Ecosystem Assessment (MEA). O segundo contempla uma revisão sobre índices e indicadores de sustentabilidade ambiental. No terceiro capítulo, consta uma explicação dos referenciais teóricos da *Machine Learning* e estatística não paramétrica, uni e multivariada empregados na análise de dados desta pesquisa. O quarto capítulo apresenta as etapas para construção do Sistema de Avaliação Ponderada da MFA. O quinto capítulo apresenta o teste do índice a partir dos resultados preliminares do Censo Agropecuário 2017, do IBGE (2019a) e os resultados das análises de dados por *Machine Learning* nos *softwares* Weka R-Action Stat (WAIKATO UNIVERSITY, 2019; ESTATCAMP, 2020) e; por estatística não paramétrica, uni e multivariada, nos *softwares* SAS e R (SAS, 2019a; MANLY; ALBERTO, 2017; LATTIN; CARROLL; GREEN, 2011; IME USP, 2020).

2. REVISÃO DE LITERATURA: MFA E SERVIÇOS ECOSISTÊMICOS

Neste capítulo, apresentamos os dois principais referenciais teóricos considerados para a construção do Sistema de Avaliação Ponderada da MFA: multifuncionalidade da agricultura (MFA); *Millennium Ecosystem Assessment* (MEA).

2.1 Multifuncionalidade da agricultura: conceitos gerais⁴

A questão central do desenvolvimento do "Sistema de Avaliação Ponderada da Multifuncionalidade da Agricultura (MFA)" é fortalecer este debate, fornecendo-lhe uma ferramenta quantitativa de análise. A discussão em torno da MFA tem sentido na medida em que surge como contraponto ao produtivismo.⁵

Partimos do pressuposto de que as problemáticas ambientais enfrentadas pela humanidade atualmente advém, em grande medida, das externalidades negativas decorrentes do paradigma de produção produtivista. Na MFA, privilegiam-se a preservação ambiental, a segurança alimentar e o bem-estar dos seres humanos em detrimento do produtivismo na agricultura. Nesse sentido, acreditamos que a MFA se constitui numa viável alternativa para a desconstrução de alguns mitos que tem conduzido a humanidade a um panorama de colapso ambiental e social, como a crença em limitar a noção de progresso e desenvolvimento ao campo do crescimento econômico.

Para Le Goff (1984), no século XX, a ideia de modernidade manifesta-se, principalmente no campo da ideologia econômica, no sentido de que a construção da modernização dá-se pela ideia de desenvolvimento e aculturação, limitados à imitação da civilização europeia. Nesse contexto, a agricultura esmera-se pela produção crescente de alimentos a partir da utilização intensiva de agrotóxicos, na medida em que o aumento da produção visa ao lucro e não à segurança alimentar. Contrariando a lógica produtivista, o

⁴ Esta seção foi construída a partir das contribuições da autora para o artigo: TRIVELLATO, Gabriela Maria Leme.; LEME, Luciana Maria de Lima; DE LUCAS, Ademir. Submissão da agricultura à indústria, colapso ambiental e multifuncionalidade da agricultura no contexto brasileiro. **PerCursos**, [S. l.], v. 21, n. 47, p. 227 - 249, 2021.

⁵ Neste texto, não adentraremos na discussão relativa à definição de agricultura/agricultor familiar. Também não é nosso objetivo diferenciar agricultura/agricultor familiar de campesinato/camponês. Nosso objetivo é partir dos valores da MFA para propor uma agricultura que valorize as formas de vida no planeta e a manutenção dos serviços ecossistêmicos. Quaisquer menções a esses termos ao longo do texto estão dentro do conceito dos autores citados, de modo que nos limitamos a discutir as ideias centrais apresentadas por tais autores de proteção à vida humana e ao meio ambiente como um todo.

conceito de MFA parte do princípio de que a agricultura desempenha outras funções fundamentais na dinâmica do desenvolvimento rural, além da produção de bens agrícolas.

As bases para discussão da MFA são delineadas num contexto de contraposição ao produtivismo. A concepção de uma agricultura produtivista teria se iniciado na Europa, logo após o fim da 2ª Guerra Mundial, em função da precariedade estrutural do setor produtivo agrário. Por isso, foi designado à agricultura um processo de modernização para garantir a reconstrução econômica e social dos países envolvidos no conflito.

Em 1947, fixa-se um mínimo de reservas alimentares de determinados produtos, para garantir preços e mercado para o restante da produção agrícola (FRANCO ALVES; MALAGODI, 2014).

Em 1957, através do Tratado de Roma, porém, inicia-se a discussão do papel da agricultura para a garantia da segurança alimentar, culminando, em 1962, com a proposta de uma Europa Verde, dando origem à Política Agrícola Comum (PAC). Essa PAC baseava-se na modernização da agricultura, tendo como linha de conduta a produção de bens agrícolas voltados a atender ao ainda problemático abastecimento de alimentos, que fora totalmente desarticulado na década anterior. Portanto, tratava-se de uma política assentada na segurança alimentar (*op. cit.*, 2014, p. 120).

Em 1958, passa a ser discutida a função da agricultura na ordenação do território e no equilíbrio social porque passam a surgir sinais de precariedade socioeconômica e ambiental de alguns espaços agrários europeus. Esse contexto, somado à perspectiva de criação de um mercado comum, inspira a criação, na França, das Leis de Orientação Agrícola (LOA) de 1960 e 1962 (FRANCO ALVES; MALAGODI, 2014).

A LOA torna-se a base legal e política do contrato entre o Estado e os agricultores e, através dela, além da função de produção, aparecem sinais assegurando à agricultura os objetivos de ocupação, segurança territorial e ordenação do espaço. Por meio dela, também são criados fundos de ação social para assegurar a presença de agricultores que tivessem suas terras em zonas desfavorecidas, com o objetivo de “efetuar o equilíbrio social e humano de certas zonas, que mereciam ser preservadas” (*op. cit.*, p. 120). Essa proposta reconhecia que a presença dos agricultores nesses locais era indispensável e outorgava-lhes ajudas adaptadas às condições excepcionais dessas explorações nesses locais.

Mais tarde, é reconhecido o papel da agricultura como fixadora das pessoas no campo, no sentido de que “o histórico das políticas agrícolas por quase toda a Europa, nos anos de 1970 e 1980, vieram a oficializar a ocupação territorial. Em 1973, a função de ocupação do território encomendada à agricultura motiva a criação de empréstimos de instalação, para jovens

agricultores” (*op. cit.*, p. 120). A própria LOA de 1980 reconhece que os agricultores desempenham um importante papel na manutenção do patrimônio e dos equilíbrios rurais, e na preservação da agrobiodiversidade.

Franco Alves e Malagodi (2014) discutem que a MFA parte do princípio de que a agricultura desempenha outras funções fundamentais na dinâmica do desenvolvimento rural, além da produção de bens agrícolas. Acreditam que dinâmicas produtivas e socioculturais decorrem das relações sociais próprias da agricultura inserida no contexto do território em que essas relações se desenvolvem. Isso demonstraria a importância sociológica das múltiplas funções da agricultura familiar camponesa e apontaria que a diversidade de atividades agrícolas é "produto-ra" de externalidades positivas de sustentabilidade ambiental. Portanto, dentro dessa visão, a agricultura assume cada vez mais “o caráter de um espaço de vida, ‘produtor’ de externalidades e bens públicos” (FRANCO ALVES; MALAGODI, 2014, p. 117).

Em "História e Memória", Jacques Le Goff (1984) discute as noções de progresso nas eras Pré-Moderna e Moderna, apontando que a noção de progresso no Ocidente foi resumida aos "progressos científicos e técnicos, os sucessos da revolução industrial, a melhoria, pelo menos para as elites ocidentais, do conforto, do bem-estar e da segurança, mas também os progressos do liberalismo, da alfabetização, da instrução e da democracia" (LE GOFF, 1984, p. 363). Em "Les désillusions du progrès. Essa sur la dialectique de la modernité" (1969), Raymond Aron defende que o progresso não se reduz ao progresso científico-tecnológico (LE GOFF, 1984, p. 373).

No mundo do pós-guerra, a solução para os problemas humanos estava no crescimento econômico e a chave para o crescimento dos países de Terceiro Mundo estaria no consumismo. Acreditava-se que superação de problemas sociais nos países de Terceiro Mundo, como a fome, não ocorria porque esses países não conseguiam se "desenvolver" (CASTORIADIS, 1987).

A ideia de desenvolvimento limitava-se ao desenvolvimento econômico, restringindo, portanto, a ideia de felicidade à satisfação de consumo. Essa noção de crescimento começou a apresentar, então, resultados irreversíveis do seu "preço": danos à biosfera terrestre resultantes dos efeitos destrutivos e cumulativos da industrialização (CASTORIADIS, 1987).

As consequências virtuais ou efetivas de um 'crescimento' e de uma industrialização desenfreados começavam a delinear-se, imensas. A recente 'crise da energia' e a escassez de matérias-primas surgiram no momento apropriado para lembrar aos homens que não era nem mesmo certo que eles poderiam continuar por muito tempo a destruir a Terra. (...) Já que o sistema tinha sido criticado por preocupar-se unicamente com a quantidade de bens e serviços produzidos, novos organismos burocráticos foram estabelecidos para

cuidar da 'qualidade de vida'. Como parecia haver aí um problema ambiental, ministérios, comissões e conferências internacionais foram organizados para resolvê-lo (CASTORIADIS, 1987, p. 137).

Para reagir à "crise ambiental", os "indicadores econômicos foram completados pelos 'indicadores sociais' ou 'indicadores de bem-estar', e novas linhas e colunas foram acrescidas às matrizes das transações industriais" (CASTORIADIS, 1987, p. 138). Ou seja, discutia-se a questão ambiental apenas em termos dos "custos" e "rendimentos", e do possível impacto das medidas de controle da poluição sobre as taxas de crescimento do PNB (Produto Nacional Bruto). Controlar medidas de "crescimento" em prol da questão ambiental podia trazer riscos ao acúmulo de capital, e, nesse sentido, investiu-se na nova "indústria de controle da poluição". Logo os maiores poluidores, as gigantescas companhias industriais, apropriaram em sua publicidade a frase "trabalho pioneiro em matéria de controle da poluição" (*op. cit.*).

Portanto, apesar de posta a realidade dos problemas ambientais, a maior preocupação dos tomadores de decisão - governantes e industriais influentes dos países "desenvolvidos" - era "saber se e como se poderia e se deveria 'internalizar' os custos do controle da poluição" (*op. cit.*).

A ideia de que o problema, em seu conjunto, ultrapassava de longe a questão dos 'custos' e dos 'rendimentos', na prática jamais chegou à mente dos economistas e políticos. Mesmo as reações mais 'radicais' (...) [das] camadas dominantes não questionavam, de fato, as premissas mais profundas das perspectivas oficiais (CASTORIADIS, 1987, p. 138).

Visto que o crescimento criava problemas incontroláveis e que qualquer processo de crescimento exponencial devia inevitavelmente chocar-se, mais cedo ou mais tarde, com limites físicos, os mesmos tomadores de decisão optaram pela resposta "não ao crescimento" ou "crescimento zero" (CASTORIADIS, 1987, p. 138). Porém, não consideraram que, nos países "desenvolvidos", o crescimento era tudo o que o sistema tinha a oferecer e, logo, interrompê-lo era inconcebível, podendo levar a uma violenta explosão social,

a menos que a organização psíquica dos homens e das mulheres viesse a sofrer uma radical transformação (...) dadas as estruturas políticas e sociais existentes, será que os países 'desenvolvidos' aceitariam tornar a ser uma minoria impotente frente a países asiáticos, africanos e latino-americanos tão ricos quanto eles e bem mais populosos? (CASTORIADIS, 1987, p. 139-140)

Dentro desse contexto, no campo da agricultura, surgem perspectivas de superação do paradigma de produção capitalista-produtivista. A mais expressiva delas tem sido a noção de multifuncionalidade da agricultura, ponto de destaque no documento "Agricultura, sustentabilidade e tecnologia", da EMBRAPA (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária) (LOPES; CONTINI, 2012). Demattê Filho e Paulo Moruzzi Marques (2011) apontam que "a

partir da década de 1990, podemos perceber um incremento das discussões sobre a multifuncionalidade da agricultura devido aos inúmeros problemas sociais e ambientais advindos do modelo agrícola produtivista" (DEMATTE FILHO; MORUZZI MARQUES, 2011, p. 1).

"A partir da década de 90, a literatura das ciências sociais especializadas passou a apontar reiteradamente as potencialidades do rural como espaços para reformas societárias de cunho integrativo e como base para se repensar a qualidade de vida na contemporaneidade" (FERREIRA, 2002, p. 30). Essa nova visão deveu-se à organização, em diversos países, de 1. "associações e movimentos sociais de base rural" que criticavam fortemente as "políticas rurais e agrícolas gestadas conforme o modelo de desenvolvimento modernizador", e; 2. movimentos sociais dispostos a atuarem em prol da "revitalização do rural" (FERREIRA, 2002, p. 30).

A consequência dessa organização foi um processo de recomposição dos espaços rurais contemporâneos em países de capitalismo avançado, reconhecido como "novas ruralidades, renascimento rural, reconstrução da ruralidade, novo rural, emergência de novos atores sociais rurais, espaços rurais como territórios do futuro" (FERREIRA, 2002, p. 30-31).

As principais expressões da recomposição desses espaços estavam na "retomada do crescimento demográfico", "diversificação ocupacional" e "aumento na oferta de trabalho" nestes espaços (FERREIRA, 2002, p. 30), sendo encontradas tendências como: 1. Revitalização demográfica do rural, que "em certos países e regiões" mostrava-se superior à "dos centros urbanos"; 2. Dissociação entre rural e agrícola, tratando-os não mais como sinônimos - mesmo que em alguns países exista essa associação - pois "os processos de diversificação profissional, social e cultural do mundo rural" tornavam-se "amplamente reconhecidos"; 3. Transformação do rural como "lugar de residência para trabalhadores urbanos e aposentados em ocupações urbanas" e também como "um lugar residencial e não de trabalho"; 4. Reconhecimento de "um rural que é agrícola e que abriga famílias de agricultores crescentemente pluriativas"; 5. Reconhecimento do rural como "paisagem a ser manejada e preservada", pois reúne "espaço-tempo-cultura" e é referência simbólica para os que a tem como quadro do cotidiano e (...) que dela se apropriam como espaço de lazer"; 6. Reconhecimento de que não é mais possível associar o rural à natureza e a um ambiente de qualidade, pois "a crise da agricultura moderna e os problemas ambientais e de saúde dela decorrentes desmistificaram essa relação"; 7. Reconhecimento do rural como território do futuro, apontando-o como solução para a "crise do emprego e da qualidade de vida gerada pela civilização urbano-industrial" (FERREIRA, 2002, p. 30).

Sobre este sétimo ponto, Angela Duarte Damasceno Ferreira (2002) retoma Nicole Mathieu (1995) para defender as vantagens comparativas dos espaços rurais e pequenas localidades em termos do "quadro de vida" dos indivíduos " (FERREIRA, 2002, p. 33). Nesse sentido, reconhece-se que, ao permanecerem no espaço rural, em seus estabelecimentos agrícolas, os indivíduos mentem um "ponto de referência e pertencimento" que permite que conservem suas "redes sociais de parentesco", seus "laços com a localidade" e com a "memória social". Trata-se do espaço (a casa, o estabelecimento rural e a comunidade) do qual "as pessoas saem, movimentam-se, mas para onde podem convergir em caso de crise e onde podem desenvolver outros tipos de trabalho temporário ou permanente" (FERREIRA, 2002, p. 33).

Em “O admirável mundo novo de Alexander Chayanov”, Ricardo Abramovay (1998) lembra que, para Chayanov, o campo é "o lugar da preservação das tradições, da família, das raízes nacionais, da força comunitária espontânea" (ABRAMOVAY, 1998, p. 71). Para ele, "as formas tradicionais de cooperação" e as "implantadas com a modernização (...) podiam ser a base de um processo de cooperação no qual o trabalho familiar e, sobretudo, a iniciativa dos indivíduos fossem valorizados" (ABRAMOVAY, 1998, p. 73).

O rural brasileiro é perpassado pelas diversas estratégias dos seus principais atores – os agricultores – para permanecerem neste espaço social. Trata-se também de um rural dinamizado por movimentos sociais que propugnam a volta à terra, tanto para os agricultores que não a possuem como para os migrantes rurais nas cidades, de primeira, segunda e terceiras gerações (...). Um rural onde os agricultores vêm pondo em prática estratégias de diversificação de seus estabelecimentos, de pluriatividade, de associativismo, de agroindustrialização em pequena escala, enfim, estratégias de valorização das oportunidades que o espaço local e a região oferecem para viabilizar sua reprodução tanto como agricultores quanto como rurais (FERREIRA, 2002, p. 39).

A MFA tem emergido no contexto das discussões sobre a produção agrícola nos moldes agroecológicos, no sentido de que este modelo de produção poderia assegurar o exercício da MFA. Dorow, Stern e Uller-Gómez (2015) discutem que os sistemas de produção agroecológica cumprem os papéis da MFA: ordenação do espaço, conservação de biodiversidade, permanência das pessoas no campo, conservação de riqueza biológica e cultural nas comunidades rurais.

Para Vásquez Cardona (2014), a agroecologia surge como ferramenta de luta na dinâmica econômica do Brasil e da Argentina, especialmente para os movimentos camponeses. Aparece como dimensão política e cultural para apropriação adequada do ecossistema, na medida em que elimina o processo de dependência de agroquímicos e insumos e otimiza a utilização energética do ecossistema.

A agroecologia pode assegurar a MFA, enquanto a produção orgânica pode não garantir a ordenação dos territórios, pois não assegura a fixação das pessoas no campo; a conservação de biodiversidade e cultura local; a preservação de bens ambientais e sociais. De fato, segundo eles, o discurso orgânico pode facilmente ser apropriado pelas grandes corporações produtoras de alimentos que não cumprem as funções sociais e ambientais exigidas na MFA (VÁSQUEZ CARDONA, 2014, p. 140).

Nesse contexto, discute-se a questão das populações tradicionais (ARRUDA, 2002, p. 274); a questão da autonomia dos produtores rurais (DOROW; STERN; ULLER-GÓMEZ, 2015, p. 1); o problema das comunidades que perdem o conhecimento de técnicas de produção (*op. cit.*, p. 5).

Andrade *et al.* (2014) revelam a contribuição dos agricultores para a conservação da biodiversidade local e para o desenvolvimento de agriculturas sustentáveis. Isto se manifesta no sentido de que os agricultores permanecem no meio rural, ali vivem, constituindo laços de identificação sociocultural com o local. Isto está atrelado ao "desenvolvimento de políticas públicas de sustentabilidade, de conservação e programas de Educação Ambiental que incluam a percepção e o conhecimento dos agricultores nos territórios e contextos rurais, em um processo emancipatório de participação e empoderamento" (ANDRADE *et al.*, 2014, p. 2).

Sobre as comunidades que perdem o conhecimento de técnicas tradicionais de produção: “[foi constatado] um conjunto de consequências negativas nas regiões do globo em que esse sistema desapareceu, entre elas: insegurança alimentar, aumento de conflitos, dificuldades de acesso à terra e perda de identidade cultural” (DOROW; STERN; ULLER-GÓMEZ, 2015, p. 5). O conhecimento sobre essas técnicas tradicionais de cultivo é importante para as comunidades rurais, porque não se tratam apenas de técnicas de produção. Elas garantem qualidade de vida a esses grupos, permanência no campo, manutenção de biodiversidade, conservação cultural, ordenação do território.

Adams *et. al.* (2013) verificaram na região do Vale do Ribeira, estado de São Paulo, domínio da Mata Atlântica, que, nos lugares onde a técnica tradicional da roça de toco desapareceu, houve: diminuição da agrobiodiversidade com uma redução de 52% das variedades vegetais; aumento do uso de agrotóxicos e fertilizantes sintéticos; redução da heterogeneidade da paisagem; maior dependência do mercado (comprometimento da renda) para aquisição de alimentos; redução da capacidade de retornar à roça (resiliência) em caso de necessidade. Neste último caso, a resiliência é comprometida pela perda da agrobiodiversidade;

perda do etnoconhecimento; e porque, ao voltar a fazer roça, as áreas florestadas já tinham superado a idade legal para uso (ADAMS et. al., 2013).

A noção de MFA pode ser fortemente encontrada nos sistemas tradicionais de uso da terra. Para Dorow, Stern e Uller-Gómez (2015), estes sistemas tem importância econômica, social e ecológica, pois estão associados aos conceitos de “populações tradicionais” (ARRUDA, 2002, p. 274) e “campesinidade” (WOORTMANN, 1990). As “populações tradicionais” apresentam um modelo de ocupação do território e uso dos recursos naturais com fraca articulação com o mercado, produção voltada principalmente para o autoconsumo, baseado em uso intensivo de mão-de-obra familiar, tecnologias de baixo impacto e geralmente pautado por uma lógica sustentável (ARRUDA, 2002, p. 274). A “campesinidade” representa a articulação entre a terra, o trabalho e a família, mais ou menos presente entre os agricultores familiares, sendo que a terra nunca é pensada independentemente do trabalho e da família (WOORTMANN, 1990).

Em se tratando de problemáticas ambientais, para Castoriadis (1987), quando o ser humano lida com ações cujo impacto pode aparecer daqui vinte e cinco mil anos, por exemplo, ele deixa de se preocupar com os possíveis resultados dessa ação e, ainda mais: acredita que agir despreocupadamente em relação aos riscos dessa ação é legítimo. "Embora nos tenha sido dado um tempo linear e um horizonte temporal infinito, nós agimos como se o único intervalo de tempo significativo fosse o de alguns anos à frente" (CASTORIADIS, 1987, p. 155-156).

Na modernidade, predomina a ideia de separabilidade, que "não passa de uma 'hipótese de trabalho' com validade local e limitada". No entanto, esta ideia não pode ser aplicada na resolução e interpretação dos problemas ambientais e ecológicos, na medida em que os limites das ações danosas ao ambiente "permanecem desconhecidos até o momento em que a catástrofe surge como ameaça" (*op. cit.*, p. 154).

Nesse sentido, "a crise atual avança rumo a um ponto no qual, ou seremos confrontados com uma catástrofe natural ou social, ou então, antes ou depois disso, os homens reagirão de uma maneira ou de outra e tentarão estabelecer novas formas de vida social que tenham um sentido para eles" (CASTORIADIS, 1987, p. 158).

A mudança de paradigma de consumo visando a resolução das problemáticas ambientais depende, para Castoriadis, dos paradigmas de organização social, seja nacional ou internacionalmente. Alterar paradigmas de consumo, depende, portanto, das ideias e concepções fundamentais que "dominam e conformam a vida, a ação e o pensamento do Ocidente há seis séculos, e mediante as quais o Ocidente conquistou o mundo" (*op. cit.*, p. 140).

2.2 Multifuncionalidade da agricultura: Brasil

Nesta seção, trataremos da MFA como contraponto à agricultura industrializada no contexto brasileiro. Diante das externalidades negativas deste modelo, reconhecemos a importância de iniciativas em prol da valorização do conceito de MFA no Brasil, como este trabalho se propõe.

Para Müller (1982), o avanço da agricultura industrializada materializa interesses sociais modernos, levando à "expansão da burguesia e pequena burguesia industrializadas no meio rural" (*op. cit.*, p. 49). Por outro lado, a burguesia (e pequena burguesia) tradicionais diminuem. Há redução dos trabalhadores ditos autônomos, sendo eles pequenos arrendatários e parceiros. Por sua vez, crescem os assalariados, principalmente os sem-terra; aumentam os proprietários cuja produção destina-se servir à indústria e ao comércio e, portanto, trabalham conforme seus ditames. Ocorrem modificações 1. na composição de capital; 2. na difusão de tecnologia industrial e 3. os mercados regionais, antes protegidos pelos custos logísticos e "dificuldades de remessa de produtos perecíveis", convertem-se em mercado nacional (MÜLLER, 1982, p. 50).

Os setores tradicionais ligados à agricultura (mecânica, química e rações) apresentam-se, no contexto de agricultura industrial, "fortemente organizados em sindicatos patronais que atuam em mercados acentuadamente oligopolizados" (*op. cit.*, p.50). Estes setores dependem das políticas de crédito agrícola e, por isso, são forçados a "operar como grupos de pressão favoráveis à modernização do agro nacional, impelindo-os a influenciar a formulação das políticas monetárias, fiscais, cambiais e as relativas ao comércio interno e externo" (*op. cit.*). Para Müller (1982), o grau de industrialização depende: 1. Da disponibilidade de tecnologias vegetal-biológicas, animal-biológicas, químicas, mecânicas e organizacionais e, sobretudo; 2. da possibilidade de valorização dos capitais.

Na industrialização do campo brasileiro, "a agricultura industrializada imprime a direção do devir de toda a agricultura nacional" (MÜLLER, 1982, p. 47). A agricultura torna-se parte do departamento de bens de produção, por um lado e do departamento de bens de subsistência, por outro. Desfaz-se a ideia de propriedade territorial, surgem as rendas negativas, dá-se o empobrecimento da maioria dos pequenos proprietários, arrendatários e parceiros. São consequências "que tendem a regularizar as condições de produção e de vida no meio rural" (*op. cit.*, p. 56). Transfere-se o modo de produção industrial para a agricultura, em termos da:

aplicação do progresso técnico vigente; elevação das concentrações de capital e; do "avanço de formas oligopólicas de estruturação de mercados, acentuando a distinção entre grandes e pequenos capitais" (MÜLLER, 1982, p. 50-51).

No livro "Sete ensaios sobre a economia brasileira" (CASTRO, 1969) Antônio Barros de Castro dedica-se aos temas da agricultura e o desenvolvimento regional no Brasil (BIELSCHOWSKY, 2011). A obra alerta sobre “a perversidade do modelo brasileiro”, procurando “demonstrar que o sistema econômico no Brasil tem sido capaz de expandir-se indefinidamente sem reformas sociais”, o que significa que “os problemas sociais não estão sendo convertidos em problemas econômicos pela evolução da história” (BIELSCHOWSKY, 2011, p. 366-367). Ou seja, “a pobreza de parte da agricultura” no Brasil não impediu a expansão agrícola, e a “má distribuição de renda” não impediu a “acumulação capitalista e a expansão econômica”. Isto implica reconhecer que “o modelo funciona, só que é perverso” (BIELSCHOWSKY, 2011, p. 366-367).

[O] livro Sete ensaios sobre a economia brasileira (...) representou uma criativa proposta analítica, introduzindo uma visão que, na ocasião, já renunciava o futuro polemista. Esse autor foi notável interpretador dos processos econômicos do País brasileiro. (...) Castro (...) insistiu que na história nacional a agricultura não se constituiu em freio à industrialização, ainda que seu desenvolvimento não tivesse seguido uma via similar à dos países do capitalismo avançado. E advertiu (...): sem a democratização da propriedade da terra, as regiões rurais exportavam a desigualdade social do campo para a cidade, por meio de processos migratórios das famílias mais pobres (BUAINAIN *et al.*, 2013, p. 106).

Para Throsby (1986), existe uma relação entre agricultura e desenvolvimento econômico, marcadas por cinco áreas inter-relacionadas: 1. a agricultura associa-se diretamente ao setor alimentar, que é o centro do processo de desenvolvimento. Logo, o setor rural deve ser tratado em análise intersetorial; 2. O setor agropecuário está atrelado às questões relativas à distribuição da riqueza, como segurança alimentar e exclusão social. Logo, discutir o setor agropecuário implica esbarrar muito mais em questões socioeconômicas do que unicamente tecnológicas; 3. A agricultura relaciona-se à distribuição de renda, e, portanto, ao debate da equidade social; 4. Nos países em desenvolvimento, há discussões sociais, políticas e institucionais fundamentais, como as relativas aos mecanismos de mudança estrutural (propriedade da terra); às consequências do progresso técnico e da intensidade da exploração ambiental; 5. Também nos países em desenvolvimento, tem maior importância os efeitos das políticas direcionadas à infra-estrutura do setor agropecuário (melhor uso e acesso aos ativos fundiários, por exemplo) (LEITE, 2005; THROSBY, 1986).

Ao analisar as funções da agricultura no processo de desenvolvimento brasileiro (até que ponto ela vem cumprindo suas funções nesse processo), [Antonio de Barros Castro] descobre quatro tipos de atribuições ou funções deste setor, a saber: a) geração de um crescente excedente de alimentos e matérias-primas; b) liberação de mão-de-obra; c) criação de mercados; d) transferência de capitais (MOTT, 1971, p. 131).

Para Mellor (1967), a agricultura possui três papéis principais: 1. Fornecimento de alimentos e fibras para uma população em expansão e com crescente poder aquisitivo; 2. Fornecimento de capital para a transformação econômica do país; 3. Aumento direto do bem-estar rural. Liberação de mão-de-obra e criação de mercado para o setor industrial seriam papéis complementares (MELLOR, 1967; RODRIGUES, 1978).

Os papéis que a agricultura deve desempenhar no processo de desenvolvimento estão limitados por entraves estruturais que constituem sério obstáculo ao desenvolvimento acelerado e auto-sustentado da economia como um todo. São necessárias medidas de política de longo prazo (como, por exemplo, reforma agrária), caso o objetivo do desenvolvimento seja, também, mobilizar o setor rural e a economia em todo seu conjunto (RODRIGUES, 1978, p. 35).

Para ocorrer um desenvolvimento harmônico entre os setores da economia, as políticas devem ser formuladas em parceria entre os órgãos públicos formuladores de política e a iniciativa privada agrícola.

No Brasil, a política agrícola governamental dedicou-se à "explorar a agricultura para financiar o crescimento industrial" em vez de "fomentar a produção agrícola e o bem-estar rural" (RODRIGUES, 1978, p. 36).

Na América Latina, o modelo de desenvolvimento econômico fundou-se na exportação dos recursos naturais e na produção agropecuária para exportação. Modelo este chamado de reprimarização da economia ou neoextrativismo (PETRAS, 2012; GUDYNAS, 2012). A implantação desse modelo deu-se em função da crise e da dívida externa desses países, obrigando-os, em 1982, a aceitarem as imposições da bancada internacional e os parâmetros do Conselho de Washington. Como consequência, os países latino-americanos postergaram a soberania que pretendiam alcançar antes de implantarem este modelo econômico de substituição de importações .

"Projeto nacional-desenvolvimentista" foi o termo utilizado para caracterizar "o padrão de desenvolvimento adotado pelas sociedades latino-americanas, no período compreendido entre meados da década de 1940 e o início dos anos 1980" (LEITE, 2005, p. 280). Durante este período, poucos desses países (México e Brasil) mantiveram este projeto de desenvolvimento nacional, uma vez que as "estruturas intervencionistas do capitalismo europeu

e norte-americano" foram abaladas pela crise internacional, durante a década de 1970 (*op. cit.*). O Brasil manteve-se neste projeto "até meados dos anos 1980, ainda que mergulhado numa profunda crise" (*op. cit.*, p. 281).

No Brasil, embora este modelo tenha trazido "eficiência econômica da ação estatal" e "desempenho macroeconômico positivo" ("respaldado por altas taxas de crescimento"), o país contava com um Estado autoritário e com a desigualdade social (LEITE, 2005, p. 281; FIORI, 1992; MARTINS, 1991). Nos anos 1980, o Brasil apresentava-se pouco adequado à estrutura desenvolvimentista, o que, para Portella (1994), era consequência do modelo de substituição de importações (LEITE, 2005, P. 281; PORTELLA FILHO, 1994). Logo, o "Projeto nacional-desenvolvimentista" brasileiro não foi capaz de produzir "alternativas compatíveis com as transformações internacionais operadas a partir da década de 1970" (LEITE, 2005, p. 281):

As transformações da agricultura brasileira [permaneceram] subordinadas às estratégias industrializantes, corroborando uma rápida modificação do quadro demográfico nacional que em 50 anos inverteu as participações das populações rural e urbana no país (de 70% de habitantes residentes no meio rural em 1930 para pouco menos que um terço da população total em 1980). O desenvolvimento do capitalismo no campo brasileiro iria manter, contudo, as características históricas da nossa formação social, incluindo a elevada concentração fundiária, além de assistir às assimetrias que pautaram a trajetória da industrialização nacional (LEITE, 2005, p. 281).

Rodrigues (1978) aponta que, para "os estudiosos do desenvolvimento agrícola", o setor tem "pelo menos cinco papéis-chave no processo de desenvolvimento econômico" (*op. cit.*, p. 13-14). Delfim Netto (1967) destaca: 1. A produção de alimentos; 2. Fornecimento de mão-de-obra para os setores urbanos; 3. fornecimento de recursos para a formação de capital; 4. mercado consumidor de produtos industriais; 5. exportação, para sustentar as importações necessárias. Sobre o terceiro ponto, trata-se de usar a agricultura para acumular capital. Este acúmulo, pode ocorrer de quatro maneiras, segundo Mellor (1967): 1. Impostos governamentais; 2. Aumento dos lucros no setor não-agrícola sustentado pela diminuição dos preços agrícolas (causado pelo aumento da produção); 3. Formação de capital dentro do setor agrícola, reduzindo a demanda de capital de outros setores; 4. Investimentos diretos de agricultores em outros setores (MELLOR, 1967; RODRIGUES, 1978).

No entanto, usar a agricultura para formação de capital pode ser um problema. Para Metcalf (1969), países subdesenvolvidos usam a agricultura para sustentar a acumulação de capital industrial sem lançar mão de mecanismos para desenvolver o setor agrícola (RODRIGUES, 1978). Isso, por fim, no Brasil, tem como consequência a geração de dívida externa em função da "transferência maciça de recursos através do mecanismo cambial, graças

à elevada participação das exportações agrícolas nas exportações totais" (RODRIGUES, 1978, p. 18).

Para Delfim Netto (1967), a transferência de recursos só funciona quando os custos de produção interna tem um grande diferencial em relação aos níveis internacionais. Se isso não ocorre, os produtos tornam-se não-competitivos no mercado internacional, acarretando no saldo comercial negativo do país com o exterior (DELFIN NETTO, 1967; RODRIGUES, 1978).

O coroamento da crise internacional no início dos anos 1980 trouxe aos países latino-americanos a esdrúxula situação de exportadores de capitais em função de sua crescente dívida externa, aliada à dramática ausência e/ou falta de visibilidade política de outros projetos nacionais, agora sufocados pela hegemonia do receituário neoliberal, num contexto de globalização crescente das relações econômicas, políticas e financeiras (LEITE, 2005, p. 282-283).

Dentre os papéis-chave da agricultura no processo de desenvolvimento econômico, Metcalf (1969) aponta a assistência às nações em desenvolvimento. No entanto, para Rodrigues (1978) isto é válido somente para alguns países desenvolvidos e não para os que se encontram eles em fase de desenvolvimento. Para Rodrigues (1978), nas economias em desenvolvimento, o setor rural tem forte papel no processo de inserção internacional.

Segundo Leite (2005) teria sido o pensamento estruturalista - especialmente o cepalino - o responsável por utilizar o caráter agroexportador das “economias periféricas (...), como aquelas da América Latina” para impulsionar a “industrialização nesses países” (LEITE, 2005, p. 307).

o intervencionismo deu a tônica à proposta cepalina de desenvolvimento das sociedades latino-americanas, caracterizando a especificidade do crescimento periférico e retardatário. Tal assertiva podia ser demonstrada, por exemplo, na crítica, e na profilaxia subsequente, que a proposta direcionava aos pontos de estrangulamento existentes nesses países, constrangedores da industrialização em marcha (LEITE, 2005, p. 283-284).

No Brasil, a industrialização no campo deve-se ao fato de que, em sua história econômica e social, o país usou a agricultura para sustentar suas demandas industriais. Ela trouxe à tona os problemas sociais rurais e urbanos, a níveis nacional (devido aos impactos das ações estatais e do mercado financeiro) e regional (consequência das diferenças entre culturas agrícolas tradicionais de cada região e da discrepância entre os estados brasileiros quanto a seus níveis de desenvolvimento econômico e industrial), retomando temas como a renda da terra, propriedade territorial, reforma agrária, preço dos alimentos e matérias-primas, crédito rural (MÜLLER, 1982).

No Brasil, a política agrícola governamental dedicou-se a "explorar a agricultura para financiar o crescimento industrial" em vez de "fomentar a produção agrícola e o bem-estar

rural" (RODRIGUES, 1978, p. 36). Milhões de agricultores teriam expandido sua produção agrícola em taxa superior ao crescimento populacional, apesar da instabilidade de preços; de receber pouca orientação técnica ou pesquisa agrícola governamental; e de serem negligenciados quanto ao acesso à educação e políticas de migrações e de colonização (NICHOLLS, 1975).

Assim, se por um lado a agricultura contribuiu para financiar o desenvolvimento dos setores não-agrícolas, por outro descapitalizou-se e não recebeu o refluxo esperado do setor urbano-industrial. Ao mesmo tempo que melhoravam os padrões de vida e bem-estar no setor urbano, no rural eles se mantinham constantes, quando não decresciam, em alguns casos (RODRIGUES, 1978, p. 36).

Para Müller (1982), o avanço da industrialização do campo no Brasil "permitiu um enriquecimento relativo generalizado da agricultura industrializada e um empobrecimento da tradicional". Isto porque, os agricultores industrializados, ao incorporarem progresso técnico, expandiram a acumulação de capital e as "correspondentes relações sociais de produção" (associação à oligopólios) (MÜLLER, 1982, p. 67). Logo, "a grande maioria dos estabelecimentos teve o seu ingresso no clube dos produtores modernos bloqueado", na medida em que "a industrialização do agro mantém com a estrutura industrial do país: uma pequena parcela de produtores é responsável por enormes quantidades de produtos e de valor" (MÜLLER, 1982, p. 67).

No Brasil, a industrialização do campo concentrou-se regionalmente, expandindo-se entre 1970 e 1975. Diferentemente dos mercados regionais formados pelo café, cacau, trigo, arroz, borracha, algodão e [cana-de-açúcar] de três ou mais décadas atrás, atuais mercados regionais tendem a ser expressões da produção nacional destes produtos, os quais, por sua vez, são mercadorias produzidas pelo capital em geral 'colado' aos capitais privados alocados no agro (MÜLLER, 1982, p. 53).

Em 1975, mais da metade dos estabelecimentos que declararam ter despesas (tratando-se de 4.916) com agroquímicos – contrastando com os 9,0% em 1970. Müller (1982) aponta isso como um dos fatores responsáveis pela redução de estabelecimentos que realizavam contratação de pessoal e de serviços de empreitada.

Entre 1970 e 1975, "enquanto as despesas com mão-de-obra se elevaram em 70%, as despesas com insumos industriais se elevaram em 148% e o número de tratores em 84%" (MÜLLER, 1982, p. 63).

Nesse período, verifica-se: o aumento da renda líquida dos produtores industrializados (que aumentarem sua produtividade, na medida em que aumentaram suas despesas com os

elementos produtivos, como adubos químicos e tração mecânica); a renda líquida negativa de produtores que, segundo Müller, teiam aplicado "algum bem industrial sem ter condições financeiras para tanto" (MÜLLER, 1982, p. 67).

Müller (1982) aponta como fenômeno caracterizador da industrialização do campo no Brasil: 1. "aumento da área plantada (26%), bem superior à área total (10%)"; 2. "aumento do valor da produção (110%), (...) superior ao aumento do pessoal (16%)" (*op. cit.*, p. 63); 3. especialização das propriedades para a produção de culturas específicas, aumentando as despesas com as referidas tecnologias empregadas; 4. a concentração do processo de industrialização (MÜLLER, 1982, p. 67).

Para Müller (1982), nos estabelecimentos brasileiros, a concentração técnica e expansão da industrialização dá-se em termos de generalização dos grupos de área (menos de 20ha; entre 20 a 100ha; entre 100 e 200ha; entre 200 e 500ha; entre 500 e 1.000; 1.000 ou mais). Nos grupos com menos de 100ha predomina mão-de-obra não remunerada. Naqueles com área superior a 200ha predomina a mão-de-obra remunerada. Nos grupos com até 500ha, houve maior intensificação no uso dos elementos produtivos. Logo, Müller demonstrou que "os grandes produtores não são apenas os grandes proprietários territoriais" (*op. cit.*, p. 69). Logo, a industrialização dos estabelecimentos brasileiros deveu-se, sobretudo "à capacidade de os estabelecimentos menores incorporarem progresso técnico" (MÜLLER, 1982, p. 65).

Nesse contexto, Müller defende que, na agricultura, "operam organizações assemelhadas a oligopólios competitivos" dedicadas aos produtos farmacêuticos, veterinários, inseticidas, adubos, rações, laticínios, cigarros, frigoríficos, beneficiamento de fibra e vegetais, moagem de trigo, produção de óleos em bruto, refino de óleos vegetais (MÜLLER, 1982, p. 57).

Esse caráter de elevada concentração de capital parece marcar de modo significativo o CAI [(complexo agroindustrial)] brasileiro em todos os setores, industriais e agrícolas, permitindo que se distinga entre empresas pertencentes ao grande e ao pequeno capital. Esta distinção junta-se aos tipos de concorrência oligopólica exceção feita (...) aos setores agrícolas não organizados institucionalmente e cujas empresas não pertencem à burguesia rural industrializada (MÜLLER, 1982, p. 57).

Para Müller, são as distinções entre a "agricultura industrializada e tradicional e entre grandes e pequenos produtores" que "dão os fundamentos tecno-econômicos à estrutura de classes no meio agrícola nacional" (MÜLLER, 1982, p. 69). Nesse contexto, conformam-se

distintas classes sociais no meio agrícola brasileiro, demarcando os grupos que controlam o capital e, por isso tem poder sobre os caminhos produtivos dos demais grupos.

Os integrantes de mercados oligopólicos de tipo competitivo seriam produtores agrícolas "de maior concentração econômica, cujas produções obedecem a certos ditamos tecno-agronômicos" (MÜLLER, 1982, p. 58). Estes possuiriam "domínio sobre os canais de coercilialização" e integrariam "organizações institucionais capazes de pressionar e de participar na determinação dos preços" (*op. cit.*, p. 58). Tratam-se dos grandes e médios produtores de cana-de-açúcar, café, cacau, soja e das grandes cooperativas. Teriam domínio sobre a concentração técnica, tipos de mão-de-obra empregados, sobre a determinação dos preços dos produtos adquiridos e vendidos. Em resumo, nesse cenário, "as condições que determinam a reprodução de cada unidade produtiva não se confinam apenas a cada unidade particular, mas à organização da qual ela faz parte" (*op. cit.*, p. 58).

Haveria, em segundo plano, o que Müller aponta como uma "burguesia industrializada", representada pela "fração de classe que em superfícies médias e grandes obtém volumes de produção grandes graças a uma elevada composição orgânica de capital", representada por 89mil estabelecimentos em 1970 e 113mil em 1975 (*op. cit.*, p. 70).

Em terceiro plano, uma pequena burguesia industrializada corresponderia "ao pessoal não remunerado ocupado naqueles estabelecimentos". Estes teriam obtido "empréstimos para investimento e custeio da produção" e, por isso, assumiram diretamente a "dívida com o capital financeiro, portanto, sem agentes intermediários". Esta obteria volumes de produção "relativamente grandes graças à combinação de trabalho não remunerado com remunerado", com predomínio do não remunerado (*op. cit.*, p. 71).

Em quarto plano, encontrar-se uma pequena burguesia tradicional representada pelo "pessoal não remunerado ocupado nos estabelecimentos que tomaram empréstimos bancários". Estes possuiriam baixa composição orgânica de capital e pequeno volume de produção. Para Müller, dentro da "dinâmica de acumulação e capital posta pela industrialização do campo", esta classe encontra-se "fadada à dissolução". Isto porque "ou ela eleva sua composição técnica e de valor ou passa a integrar uma das frações da classe trabalhadora" (MÜLLER, 1982, p. 71).

A exemplo disso, entre 1970-1975, o número de estabelecimentos enquadrados nesta classe diminuiu 50%, enquanto o pessoal empregado nela reduziu em 43%. Trata-se de que a pequena burguesia industrializada alterou fortemente a sua "base tecno-econômica" e intensificou o "uso de mão-de-obra não contratada e contratada", enquanto a pequena burguesia tradicional não teria alterado sua base produtiva (*op. cit.*, p. 72). A este esquema, Müller chama de capitalismo monopolista brasileiro, num contexto em que a agricultura é incorporada à

dinâmica das relações entre capital e trabalho. Nesse cenário, a propriedade territorial "somente ganha sentido na medida em que se reporta a estas relações básicas de sociabilidade", pautadas: 1. pelo volume de produção; 2. pela intensidade do trabalho agrícola; 3. pela "capacidade de influir na formação dos preços através de organizações" (MÜLLER, 1982, p. 72).

Em quinto plano, está uma parte da classe trabalhadora composta pelos pequenos produtores não proprietários, arrendatários e parceiros. Estes "produzem em terras que não lhes pertencem" e sua remuneração depende da quantidade produzida. Pequenos arrendatários e parceiros atuam no trabalho agrícola tradicional ou em moldes modernos. Estes são pobres e submetidos a uma "despótica violência", marcada pela taxa de lucro mantida pelos empregadores às custas da miséria dos empregados (MÜLLER, 1982, p. 76). Os agricultores deste grupo compunham "mais de 60% da população e da força de trabalho total da agricultura" e representavam "a maior fração da pobreza do País" (RODRIGUES, 1978, p. 36).

Em sexto lugar, Müller aponta a parte assalariada que compõe a classe dos trabalhadores composta pelo "pessoal permanente e temporário". O número desses trabalhadores não se alterou entre os anos 1960 e 1980, no entanto, suas características operárias acentuaram-se: 1. trabalhadores permanentes converteram-se de colonos ou camaradas para assalariados; 2. parceiros passaram para a condição de operários; 3. entre os operários houve aumento de um modo de reprodução mercantilizado, principalmente no caso daqueles "que trabalham na agricultura industrializada" (MÜLLER, 1982, p. 77); 4. trabalhadores temporários, em 1980, em sua maioria, não possuem terra e migram para trabalhar por empreitada (enquanto em 1960, a maior parte desses trabalhadores era de 1960).

Por último, Müller trata do que seria uma burguesia tradicional rural brasileira, representada por grandes produtores, proprietários e arrendatários, geralmente organizados institucionalmente. Uma parte dessa burguesia teria forte caráter mercantil, como aquela ligada à pecuária tradicional (com baixa aquisição de produtos veterinários e rações). Para Müller, a burguesia tradicional, que constitui a "hegemônica oligarquia agrária, encontra-se social e economicamente encurralada" (MÜLLER, 1982, p. 74).

No contexto em que se encontram esses sete grupos, depara-se com uma crescente concorrência (no formato de blocos econômicos) "entre agricultores, industriais e comerciantes". Nesta concorrência, os pequenos proprietários de terra são obrigados: 1. a consumirem os bens industriais; 2. trabalharem em mais de um emprego, seja no campo ou na cidade; 3. manterem-se dependentes ou associados a agentes de empresas industriais, comerciais ou cooperativas (MÜLLER, 1982, p. 75). Em função da obrigatoriedade de inverter

os lucros na produção, os pequenos proprietários raramente endividam-se junto ao sistema financeiro, mas sim a uma indústria, grande proprietário local ou cooperativa. Nesse processo, "para não perder seu patrimônio", este "pequeno proprietário ratifica e amplia sua subordinação, mantendo sua forma familiar de trabalho" (MÜLLER, 1982, p.76).

O impacto do processo de industrialização do campo instaurou ou precipitou uma dissociação profunda entre os pequenos proprietários de terras pelo fato de pressionar o seu modo de produzir. Uma parcela deste grupo se converteu numa pequena burguesia industrializada; uma outra permaneceu com sua característica tradicional e uma terceira, bem mais numerosa, não passa de trabalhadora em terra própria (trabalhadores a domicílio). (...) A condição de o pequeno produtor manter-se na pequena burguesia, a par de sua capacidade em endividar-se com o capital financeiro mantendo sua autonomia, consiste em incorporar progresso técnico e, por outro lado, em organizar-se institucionalmente tanto para a compra de insumos como para venda de seus produtos. Esta sociabilidade (...) tende a ser a relação social fundamental de sua condição. (...) mesmo aqueles pequenos proprietários transformados em trabalhadores a domicílio em áreas fortemente mercantilizadas - como as de soja e trigo - necessitam desta sociabilidade para não caírem na categoria de simples trabalhadores ou de emigrantes (Müller, 1982, p. 74).

Para Angela Duarte Damasceno Ferreira (2002) A crise da agricultura moderna fez com que o "apelo em favor de uma agricultura verde, sustentável e de boas práticas agrícolas" ganhasse importância científica. (FERREIRA, 2002, p. 33). Este apelo "cresce em todos os países de capitalismo avançado, ao lado das novas concepções de áreas protegidas e parques" (*op. cit.*). O rural passou a ser reconhecido como "ponto de contato por excelência entre sociedade e natureza", tendo importância central nos embates sobre meio ambiente (*op. cit.*). Ela lembra Marc Mormont (1997) para defender a associação do rural à qualidade ambiental e a relação entre os espaços rurais e urbanos. Trata-se de reconhecer que "a maioria dos problemas ambientais (água, paisagem, saúde ligada à alimentação)" permite revelar as interdependências entre os espaços rurais e urbanos (FERREIRA, 2002, p. 33).

Para Ademir Cazella e Bernard Roux (1999), "um verdadeiro processo de transformação do modelo agrícola implantado no pós-guerra está em curso". Trata-se da conformação de uma "nova dinâmica da agricultura" impulsionada por um "movimento maior de questionamento dos modelos de desenvolvimento agrícola rural" relacionado: 1. às crises na área da alimentação, que teriam provocado o aumento nas "exigências dos consumidores quanto à qualidade dos alimentos" e a legitimação das "formas de agricultura que não seguem os preceitos produtivistas" e; 2. à "crise do modelo de desenvolvimento urbano", expressa pelo "desemprego e pela marginalização de uma parcela importante da população", que teriam

provocado uma revalorização do "meio rural enquanto espaço de vida e de trabalho" (CAZELLA; ROUX, 1999, p. 66-67).

Mesmo diante do cenário de colapso ambiental vivenciado na atualidade (MEA, 2005a; 2005b), há autores que reforçam a importância da agricultura industrializada e seus benefícios, e desconfiam das agriculturas emergentes e alternativas, apontando-as como geradoras de empecilhos para a agricultura moderna brasileira. Para Buainain *et al.* (2013), não compensa manter o que eles chamam de um "posicionamento ambíguo sobre o tema", ao se referirem à proposição e defesa de novas agriculturas emergentes e alternativas. Para eles, essa postura compromete a "continuidade da efetividade potencial" da empresa agrícola, sem garantir "um padrão tecnológico alternativo venha, de fato, a nascer algum dia" (BUAINAIN *et al.*, 2013, p. 113). Para eles, a elaboração destas agriculturas alternativas: 1. exigiria um grande esforço científico e tecnológico, inclusive a criação de uma nova "ontologia científica"; 2. seria algo a longo prazo que, quando viável, comprometeria "profundamente" trajetórias de sucesso da agricultura moderna (BUAINAIN *et al.*, 2013, p. 113).

diante do crescimento explosivo da demanda alimentar mundial, seria quimérica, para não dizer absurda, a proposta de difundir tecnologias chamadas 'alternativas', de uso local e de baixa produtividade, sob o pretexto de proteção ao ambiente e ainda ecoando as críticas do passado, que não correspondem mais ao cotidiano da agricultura (BUAINAIN *et al.*, 2013, p. 112).

Estes autores, ao mesmo tempo: 1. reconhecem que "a intensificação da produção, apoiada no uso de sementes melhoradas, insumos industriais, máquinas, água e gestão produtiva, submetidos à racionalidade econômica" não teria sido neutra em termos sociais ou "inócua, do ponto de vista ambiental" e; 2. afirmam que trajetórias de sucesso da agricultura moderna seriam comprometidas caso prosperasse a "aceitação da equivocada crítica acerca da inviabilidade da agricultura moderna (ou sua suposta correlação negativa com o meio ambiente)" (BUAINAIN *et al.*, 2013, p. 113).

Ao mesmo tempo: 1. reconhecem que as críticas à industrialização da agricultura ganham importância no mundo e; 2. afirmam que estas críticas seriam, "demandas de grupos sociais que se apresentam como porta-vozes de interesses específicos" (BUAINAIN *et al.*, 2013, p. 112) além de um "esforço, sobretudo, político de setores críticos que almejam construir um 'senso comum', propondo (ainda inexistentes) alternativas ao formato tecnológico como um todo" (BUAINAIN *et al.*, 2013, p. 113).

Se, por um lado, apontam que as críticas à agricultura moderna são: 1. "uma justa reação aos abusos no uso de produtos químicos na agricultura"; 2. ocorrem "em diversos níveis

sociais e não se limitam a um país ou região" e; 3. fortaleceram-se teriam se fortalecido com a "emergência dos temas ambientais e o fenômeno global das mudanças climáticas" (BUAINAIN *et al.*, 2013, p. 112). Por outro: 1. reforçam que os danos ambientais causados pelo abuso no uso de agroquímicos não frearam a pesquisa científica nesta área, no Brasil; 2. desconfiam das críticas aos transgênicos, sugerindo, de certo modo, que seriam infundadas.

o bloqueio à moderna biotecnologia na agricultura, [funda-se] em dois argumentos principais: o primeiro centrado nos riscos (que somente poderiam ser avaliados se a tecnologia fosse desenvolvida), e o segundo na rejeição ideológica à própria agricultura moderna capitalista, fundada na difusão de inovações. No campo da tecnologia, a distância entre as condições atuais e aquelas antes prevalecentes – e que justificaram tais críticas – é abismal (BUAINAIN *et al.*, 2013, p. 112).

Se por um lado, reconhecem a ligação entre agricultura e sociedade, por outro: 1. atacam o que seriam "generalizações rígidas" e "enquadramentos ideológicos", defendendo que não existe incompatibilidade entre agricultura e "processos produtivos intensivos de trabalho"; 2. defendem a monocultura ao afirmarem que "um único grupo de produtos permite a coexistência de distintas formas de organização econômica" e; 3. defendem que o problema do trabalho na agricultura estaria na "pouca disponibilidade" e "baixa qualificação" da mão-de-obra, justificando a retirada das pessoas do trabalho na agricultura; 4. afirmam que a sociedade estaria sendo exigente em demasia com a agricultura ao sugerirem que a sociedade deve-se contentar com o modelo de agricultura que é oferecido hoje pela agricultura moderna industrializada "tão sobrecarregada de responsabilidades"; 5. demonstram, de certo modo, um descaso às demandas sociais, referindo-se a uma grande quantidade de demandas "que não podem ser atendidas imediatamente, assim gerando fontes de descontentamento que eventualmente serão mantidas por um longo tempo" (BUAINAIN *et al.*, 2013, p. 113).

A respeito do posicionamento de tais autores, verificamos que "dois projetos de desenvolvimento rural e agrícola estão em jogo na atualidade". Um deles vê "a agricultura e suas novas funções entre as atividades-chave do desenvolvimento rural", enquanto o outro defende a irreversibilidade do "modelo de desenvolvimento agrícola produtivista" (CAZELLA; ROUX, 1999, p. 66-67). Diante disso, para Cazella e Roux (1999), não por acaso, no ciclo de negociações da OMC (Organização Mundial do Comércio) iniciado em novembro de 1999, opunham-se dois grupos de países: 1. aqueles pretendiam "discutir a garantia dos direitos e deveres dos povos, em relação à segurança alimentar, à qualidade dos alimentos e à proteção ambiental"; 2. aqueles que consideravam esses temas como simples entraves ao livre comércio (CAZELLA; ROUX, 1999, p. 66-67).

2.3 Serviços Ecossistêmicos segundo o *Millennium Ecosystem Assessment*⁶

A *Millennium Ecosystem Assessment* (MEA) foi solicitada pelo secretário-geral das Nações Unidas, Kofi Annan, em 2000, em seu relatório à Assembleia Geral da ONU, “*We the People: The Role of the United Nations in the 21st Century*” (MEA, 2005b, p. ii). A MEA foi, então, iniciada em 2001, tendo ocorrido de 2001 a 2005. Foi coordenada pelo Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente e dirigida por representantes de instituições internacionais, governos, empresas, ONGs e organizações de povos indígenas. Seu objetivo foi avaliar as consequências das mudanças no ecossistema para o bem-estar humano e estabelecer uma base científica para ações necessárias para melhoria da conservação e uso sustentável dos ecossistemas e suas contribuições para o bem-estar humano. A espécie humana, segundo a avaliação, é fundamentalmente dependente do fluxo de serviços ecossistêmicos para ser protegida contra as mudanças ambientais ocasionadas por cultura e tecnologia (MEA, 2005b).

Os 37 serviços do ecossistema reconhecidos pela MEA foram elencados em quatro categorias: 1. serviços de provisão, que incluem alimentos, água, madeira e fibra; 2. serviços regulatórios, como regulação do clima, inundações, doenças, gastos e qualidade da água; 3. serviços culturais, como recreação, prazer estético e realização espiritual; 4. serviços de suporte, que incluem formação do solo, fotossíntese e ciclagem de nutrientes (MEA, 2005a, p. 19).

Dos 37 reconhecidos serviços do ecossistema, somente 24 foram avaliados. Dos não avaliados, cinco pertenciam à categoria “serviços de suporte”, que não atendiam aos objetivos do estudo. A MEA pretendia avaliar os impactos de ações humanas no ecossistema, enquanto os serviços dessa categoria ligavam-se a processos de formação geológica e mineral do planeta. São eles: 1. formação do solo; 2. fotossíntese; 3. produção primária; 4. ciclagem de nutrientes; 5. ciclagem de água.

No entanto, os demais serviços não avaliados tinham alta relevância para o estudo, pois estavam intimamente relacionados aos componentes do bem-estar humano considerados pelo documento, porém não foram avaliados devido à falta de dados e ferramentas para quantificá-los. Tratam-se dos serviços “recursos ornamentais”, da categoria “serviços de provisão”, e de sete serviços não avaliados da categoria “serviços culturais”: 1. diversidade cultural; 2. sistemas de conhecimento; 3. valores educacionais; 4. inspiração; 5. relações sociais; 6. sentido de

⁶ Esta seção foi construída a partir das contribuições da autora para o artigo “O papel dos seres humanos na manutenção dos ecossistemas: povos indígenas e agricultores familiares” (TRIVELLATO; DOS SANTOS, 2019).

pertencimento; 7. valores do patrimônio cultural. Das dez funções consideradas na categoria “serviços culturais” somente três foram avaliadas, sendo elas “valores religiosos e espirituais”, “valores estéticos” e “recreação e ecoturismo” (MEA, 2005a, p. 33-37).

De modo geral, observamos que os serviços comercializáveis tem dados e ferramentas disponíveis para quantificá-los, o que falta àqueles serviços aparentemente não-comercializáveis. Trata-se de que os serviços comercializáveis, como os de provisão e regulatórios que, por gerarem interesse comercial, são alvo de pesquisas, enquanto os não-comercializáveis geralmente não são consideradas pelos analistas (CARNEIRO; MALUF, 2003), mas afetam direta ou indiretamente, em grande medida, o bem-estar dos seres humanos.

A categoria “serviços de provisão” teve seus 12 serviços possíveis de serem avaliados, com exceção dos “recursos ornamentais”. São eles: 1. cultivos agrícolas; 2. pecuária; 3. pesca de captura; 4. aquicultura; 5. produtos de plantas e animais selvagens; fibras, incluindo 6. madeira para construção e mobiliário, 7. cânhamo de algodão e seda, 8. madeira para geração de energia; 9. recursos genéticos; 10. bioquímicos, medicamentos naturais e fármacos; 11. recursos ornamentais; 12. água doce.

A categoria “serviços regulatórios” teve seus 10 serviços avaliados. Sendo eles: 1. regulação da qualidade do ar; regulação do clima, incluindo 2. global e 3. regional e local; 4. regulação da água; 5. regulação da erosão; 6. purificação da água e tratamento de resíduos; 7. regulação de doenças; 8. regulação de pragas; 9. Polinização; 10. regulação de riscos naturais.

A MEA, porém, aponta um aspecto interessante: os benefícios não-comercializáveis são geralmente mais valiosos do que os benefícios comercializáveis. Em 1998, valor líquido obtido com a proteção, por cinco anos, da qualidade da água nos 360 quilômetros do rio Catawba nos Estados Unidos foi estimado em US \$ 346 milhões. Em relação ao serviço de purificação de água das zonas húmidas, cerca de metade do valor econômico total da planície aluvial do Rio Danúbio em 1992 pode ser contabilizada no seu papel de sumidouro de nutrientes (MEA, 2005b).

Um estudo na Costa Rica descobriu que os polinizadores baseados em florestas aumentaram o rendimento do café em 20% em um quilômetro da floresta (além de aumentar a qualidade do café). Durante 2000-2003, os serviços de polinização de dois fragmentos florestais (de 46 e 111 hectares) aumentaram a renda de uma fazenda de 1.100 hectares em US \$ 60.000 por ano, um valor compatível com as receitas esperadas de usos de terra concorrentes (MEA, 2005b).

Um dos estudos mais abrangentes até hoje sobre o valor econômico total das florestas, examinou os valores econômicos comercializados e não-comercializados associados às florestas em oito países do Mediterrâneo. Como resultado, o estudo revelou que a madeira e a lenha geralmente representam menos de um terço do valor econômico total de cada país. Em

contrapartida, os benefícios recreativos das áreas protegidas tem capacidade de apresentar alta contribuição econômica para os países: o valor recreativo anual dos recifes de corais de cada uma das seis Áreas de Manejo Marinhas nas ilhas havaianas em 2003 variou de US \$ 300.000 a US \$ 35 milhões. O Muthurajawela Marsh, um pântano de turfa costeira de 3.100 hectares no Sri Lanka, fornece um valor estimado de US \$ 5 milhões em benefícios anuais (US \$ 1.750 por hectare) por meio de seu papel no controle local de enchentes (MEA, 2005b).

Segundo o documento, muitas das mudanças na biodiversidade e no ecossistema foram feitas para aumentar a produção de serviços ecossistêmicos específicos, como a produção de alimentos (MEA, 2005a).

Dos 24 serviços analisados pela MEA, apenas quatro foram aumentados, sendo eles: cultivos agrícolas, pecuária, aquicultura e sequestro de carbono. Os demais quinze serviços foram degradados: pesca de captura; produção de madeira; fornecimento de água; tratamento e desintoxicação de resíduos; purificação de água; proteção contra riscos ambientais; regulação da qualidade do ar; regulação do clima local e regional; regulação da erosão; e muitos dos serviços culturais, relacionados com aspectos espirituais, estéticos, de recreação. Segundo os autores, as modificações realizadas no ecossistema para aumento de um determinado serviço tendem a comprometer outros serviços. Um exemplo disso é a expansão da agricultura e crescimento produtivo, que custaram impactos diretos na cobertura do solo, retirada da água para agricultura e liberação de nutrientes nos rios.

Políticas agrícolas mal concebidas e executadas levaram a uma mudança irreversível no ecossistema do Mar de Aral: 1. em 1998, havia perdido mais de 60% de sua área e aproximadamente 80% do seu volume; 2. e os problemas relacionados ao ecossistema na região agora incluem teor excessivo de sal nos principais rios, contaminação de produtos agrícolas com agroquímicos, altos níveis de turbidez nas principais fontes de água, altos níveis de pesticidas e fenóis águas superficiais, perda de fertilidade do solo, extinção de espécies e destruição da pesca comercial (MEA, 2005b, p. 47).

O Pantanal ribeirinho florestado adjacente ao rio Mississippi, nos Estados Unidos, tinha a capacidade de armazenar cerca de 60 dias de descarga fluvial. Com a remoção das zonas húmidas através de canais de drenagem, as zonas úmidas remanescentes tem capacidade de armazenamento de menos de 12 dias de descarga: uma redução de 80% na capacidade de armazenamento de inundação.

Por outro lado, sinergias positivas podem ser alcançadas quando ações para conservar ou aprimorar um componente específico de um ecossistema ou seus serviços beneficiam outros

serviços ou partes interessadas. Por exemplo, a agrossilvicultura pode atender às necessidades humanas de alimentos e combustível, restaurar solos e contribuir para a conservação da biodiversidade. A rotação de culturas pode aumentar os rendimentos, aumentar o biocontrole, reduzir a erosão do solo e reduzir a invasão de ervas daninhas nos campos. Parques e outros espaços verdes urbanos proporcionam benefícios espirituais, estéticos e recreativos, bem como serviços como a purificação da água, servir de habitat de animais selvagens, gestão de resíduos e seqüestro de carbono. A proteção de florestas naturais para a conservação da biodiversidade também pode reduzir as emissões de carbono e proteger o abastecimento de água.

A proteção das zonas úmidas pode contribuir para o controle de inundações e também ajudar a remover poluentes como o fósforo e o nitrogênio da água. Por exemplo, estima-se que a carga de nitrogênio da bacia do Rio Illinois altamente poluída até o Rio Mississippi poderia ser reduzida pela metade, convertendo-se 7% da bacia de volta para as zonas úmidas. Existem sinergias positivas entre os serviços reguladores, culturais e de apoio e com a conservação da biodiversidade (MEA, 2005b).

Para a MEA, o bem-estar dos seres humanos consiste em cinco principais componentes:

1. necessidades materiais básicas para uma boa vida, incluindo habitações adequadas, comida nutritiva suficiente, abrigo e acesso aos bens; 2. saúde, incluindo vigor, sentir-se bem, acesso a ar e água limpos; 3. boas relações sociais, que significa coesão social, respeito mútuo e habilidade de ajudar os outros; 4. segurança, que abarca segurança pessoal, acesso seguro aos recursos, proteção contra desastres; 5. liberdade de escolha e ação, que significa oportunidade de ser capaz de se realizar por ser e fazer conforme seus valores individuais (MEA, 2005a, p. 19).

Saúde envolve a capacidade de um indivíduo se sentir bem e ser forte, ser adequadamente nutrido e livre de doenças, ter acesso a água potável adequada e limpa e ar puro, e ter a capacidade de tenha energia para se manter quente e frio. Saúde é produto e determinante do bem-estar. Nesse sentido, mudanças nos serviços ecossistêmicos impactariam fortemente na saúde (MEA, 2005a, p. 19). Isso é visível quando tratamos dos serviços de abastecimento, como alimentos, água, plantas medicinais e acesso a novos medicamento. E também ao tratarmos dos serviços de regulação, na medida em que afetam a qualidade do ar e da água, a regulação de doenças e o tratamento de resíduos. Mudanças nos serviços de suporte (ligados aos processos de formação geológica e mineral do planeta, como formação do solo, fotossíntese, produção primária, ciclagem de nutrientes e ciclagem de água) impactam as outras categorias de serviços.

A novidade da MEA, porém, foi apontar que as mudanças nos serviços culturais também poderiam ter fortes influências na saúde, pois afetavam as oportunidades de obter benefícios espirituais, estéticos e recreativos, que, por sua vez, determinam os estados físico e emocional dos

seres humanos. Para a MEA, os benefícios ecossistêmicos são moderadamente afetados por circunstâncias socioeconômicas: os ricos podem comprar substitutos para alguns benefícios de saúde dos ecossistemas (como plantas medicinais ou qualidade da água), mas são mais suscetíveis a mudanças que afetam a qualidade do ar.

Boas relações sociais referem-se à presença de coesão social, respeito mútuo e capacidade de ajudar os outros e sustentar as crianças. Mudanças nos serviços ecossistêmicos de provisão e regulatórios afetariam as relações sociais, principalmente pelos impactos no bem-estar material, saúde e segurança. Mudanças nos serviços culturais influenciariam as relações sociais, sobretudo nas culturas fortemente conectadas aos ambientes locais.

Os fatores econômicos podem mediar as mudanças nos serviços regulatórios e de provisão, mas não no que se refere aos serviços culturais: um país rico como a Suécia ou o Reino Unido não pode facilmente comprar um substituto para uma paisagem cultural que é valorizada pelas pessoas da comunidade. Há exemplos de declínio dos serviços ecossistêmicos que interrompem as relações sociais ou resultam em conflitos. As sociedades indígenas, cujas identidades culturais estão intimamente ligadas a habitats particulares ou à vida selvagem, sofrem se os habitats forem destruídos ou se as populações de animais silvestres decaírem. Tais impactos foram observados em comunidades pesqueiras costeiras, populações do Ártico, sociedades florestais tradicionais e sociedades nômades pastoris (MEA, 2005b, p. 53- 54).

Segurança é a segurança de pessoas e posses, acesso seguro aos recursos necessários e segurança de catástrofes provocadas pelo homem. As mudanças nos serviços de regulatórios influenciam fortemente na segurança, pois tratam da regulação de doenças, do clima e de enchentes. Quanto a mudanças nos serviços de provisão, como alimentos e água, o impacto na segurança é alto, pois refere-se à perda de acesso a esses recursos essenciais. Mudanças nos serviços culturais influenciam na segurança, porque podem contribuir para o colapso ou fortalecimento das redes sociais dentro da sociedade. As mudanças nos serviços de suporte influenciam as outras categorias de serviços.

Esses benefícios fornecidos pelo ecossistema em termos de segurança são moderadamente mediados por circunstâncias socioeconômicas: os ricos tem acesso a redes de segurança que podem minimizar os impactos de algumas mudanças nos ecossistemas (como enchentes ou secas seguro), mas não podem escapar inteiramente da exposição a algumas dessas mudanças nas áreas em que vivem. Um exemplo do efeito de mudanças no ecossistema na segurança está no aumento da severidade e magnitude das inundações e grandes incêndios, cuja incidência aumentou significativamente nos últimos 50 anos.

A canalização dos rios, por exemplo, tende a diminuir a incidência e o impacto de pequenos eventos de inundação, enquanto aumenta os grandes eventos em termos de incidência e severidade. Em média, 140 milhões de pessoas são afetadas por inundações a cada ano - mais do que todos os outros desastres naturais ou tecnológicos juntos. Entre 1990 e 1999, mais de 100.000 pessoas foram mortas em enchentes, o que causou um total de US \$ 243 bilhões em danos (MEA, 2005b).

Para a MEA, liberdade de escolha e ação refere-se à capacidade dos indivíduos de controlar o que acontece com eles. Ela não pode existir sem os outros elementos de bem-estar. Portanto, é, em grande medida, influenciada por mudanças em todas as categorias de serviços ecossistêmicos. A influência da mudança do ecossistema na liberdade e na escolha é fortemente mediada por circunstâncias socioeconômicas: ricos e pessoas que vivem em países com governos eficientes e uma sociedade civil forte podem manter a liberdade de escolha mesmo diante de mudanças significativas nos ecossistemas, o que seria impossível para os pobres se a mudança do ecossistema resultasse em perda de sustento, por exemplo (MEA, 2005b).

3. REVISÃO DE LITERATURA: ÍNDICES DE SUSTENTABILIDADE AMBIENTAL⁷

Nesta seção apresentamos uma revisão bibliográfica sobre índices e indicadores de sustentabilidade. Foram analisadas as duas tendências de índices e indicadores de sustentabilidade ambiental: a Tendência "Métodos Energéticos" (MACEDÔNIO, 1990; CUVILLIER, 2006, p.89) e a Tendência "*Tableaux De Bord*" Via Indicadores.

Na Tendência "Métodos Energéticos", revisamos sete métodos: 1. Metodologia de Avaliação de Ciclo de Vida/LCA (*Life Cycle Analysis*) (CUVILLIER, 2006); 2. Análise Insumo-Produto (*Inputs/Outputs Analysis*) (CUVILLIER, 2006); 3. Análise Emergética (ODUM, 1996; CUVILLIER, 2006,); 4. Índice Pegada Ecológica/EF (do inglês *Ecological Footprint*) (REES, 1992); 5. Índice de Sustentabilidade Ambiental ou ESI (*Environmental Sustainability Index*) (SAMUEL-JOHNSON; ESTY, 2000); e outros dois Indicadores de Desempenho Emergético ou EMPs (*Emergy Performance Index*) 6. Renovabilidade e 7. Índice de Sustentabilidade Emergética (BROWN; ULGIATI, 1997).

Na Tendência "*Tableaux De Bord*" Via Indicadores, analisamos nove índices: 1. Indicadores internacionais OCDE e Canadá (CUVILLIER, 2006; OCDE, 2001); 2. Indicadores Agroambientais Canadá (McRAE; SMITH; GREGORICH, 2000; CUVILLIER, 2006); 3. Método Moacir Darolt (2001); 4. MESMIS (MASERA; ASTIER; LÓPEZ RIDAURA, 1999); 5. Método Moura (2002); 6. APOIA – Novo Rural (RODRIGUES; CAMPANHOLA, 2003); 7. Ambitec-Agro (RODRIGUES *et al.*, 2015); 8. IDEA (VILAIN, 2003; 2008); 9. Método avaliação da sustentabilidade dos estabelecimentos familiares agrícolas do Alto da Serra de São Pedro/SP/Brasil (CASTRO *et al.*, 2009a; 2009b)⁸.

Por fim, o índice/sistema de avaliação da MFA foi inspirado sobretudo em três índices da tendência "*Tableaux De Bord*" Via Indicadores: 1. APOIA – Novo Rural (Avaliação Ponderada de Impacto Ambiental de Atividades do Novo Rural); 2. Ambitec-Agro (Sistema de

⁷ Este capítulo é fruto de um estudo sobre índices e indicadores de sustentabilidade ambiental. Estudo esse necessário para o desenvolvimento do índice proposto nesta dissertação. O desenvolvimento deste capítulo teve como principal referência o trabalho de Cuvillier (2006). Seu trabalho serviu de base para buscarmos referências da área, nortear o nosso estudo e organização do capítulo.

⁸ Apresentado na seção referente ao IDEA, por se tratar de uma adaptação deste método para a realidade de agricultores familiares do Alto da Serra de São Pedro/SP, Brasil.

Avaliação de Impactos de Inovações Tecnológicas Agropecuárias); 3. método francês IDEA (Indicateurs de Durabilité des Exploitations Agricoles).

3.1 Índice versus indicador

Siche *et al.* (2007, p. 139-140) adaptaram o diagrama de Shields, Šolar e Martin (2002, p. 152), o qual reproduzimos na Figura 2, a seguir. Este diagrama torna-se particularmente relevante para este estudo, porque esclarece e retoma as ideias utilizadas na monografia sobre o uso dos termos "indicadores" e "subindicadores" (TRIVELLATO, 2018). Também nos alerta que o que chamamos de "Sistema de avaliação ponderada de MFA", trata-se de um índice, elaborado a partir de agregação de indicadores. O mesmo ocorre com o sistema de Avaliação Ponderada de Impacto Ambiental de Atividades do Novo Rural (APOIA-NovoRural), que agrega 62 indicadores da performance ambiental de uma atividade econômica de um estabelecimento rural em num conjunto de planilhas eletrônicas (plataforma MS-Excel) (RODRIGUES; CAMPANHOLA, 2003, p. 445).

(...) 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. Existem muitas ferramentas que calculam índices de sustentabilidade, cada um com suas especificidades: necessidade de diferentes quantidades de dados primários; consideram diferentes fluxos de energia, massa e dinheiro; consideram pesos diferentes entre as abordagens econômica, ambiental e social; possuem diferentes considerações iniciais; mas todas objetivam diagnosticar o desempenho do sistema em estudo e servir como subsídio aos tomadores de decisão (SICHE *et al.*, 2007, p. 145-146).

Figura 2 - Nível de agregação de dados de uma determinada ferramenta de avaliação da sustentabilidade. Fonte: Adaptado de Siche *et al.* (2007, p. 139)

Siche *et al.* (2007) explicam a figura apontando o topo da pirâmide como o grau máximo de agregação de dados. A base da pirâmide contempla os dados primários desagregados. Eles lembram que cada ferramenta de avaliação trabalha com níveis diferentes de agregação e manipulação de dados, de acordo com a porposta de seus desenvolvedores. Como exemplo, apontam o EF (Índice Pegada Ecológica/EF, do inglês *Ecological Footprint*) (REES, 1992), que não possui índices ou indicadores intermediários, trabalhando com dados primários e agregados para obtenção do índice final. Outro exemplo dado pelos por Siche *et al.* (2007) para explicar a pirâmide é o do ESI (Índice de Sustentabilidade Ambiental, do inglês *Environmental Sustainability Index*) (SAMUEL-JOHNSON; ESTY, 2000). Este índice, por sua vez, utiliza todas as etapas da pirâmide. Isto porque este índice requer um vasto volume de dados primários para compor suas variáveis - as quais Siche *et al.* (2007) definem aqui como dados agregados + sub-indicadores - e os indicadores. No ESI, os indicadores encontram-se separados em dimensões - chamadas também de sub-índices. A agregação dos indicadores permitirá a obtenção do índice final.

O resultado dos índices é um valor numérico no caso do ESI e dos EMPIs (Indicadores de Desempenho Emergético, do inglês *Emergy Performance Index*) (BROWN; ULGIATI, 1997). Ambos utilizam indicadores em seus cálculos para obtenção do índice final. O ESI utiliza 21 indicadores enquanto o EMPIs utiliza 2 indicadores (EYR e a ELR) (SICHE *et al.*, 2007).

Siche *et al.* (2007, p. 139-140) tratam da diferenciação entre índice e indicador. Para Siche *et al.* (2007), índice é um valor agregado final, gerado por cálculo cujas variáveis são

indicadores. Trazemos esta diferenciação pois o Sistema de Avaliação Ponderada da Multifuncionalidade da Agricultura proposto nesta dissertação é um índice, construído a partir de indicadores.

Existe certa confusão sobre o significado de índice e indicador, onde muitas vezes são erroneamente utilizados como sinônimos. Segundo Mitchell (1996), indicador é uma ferramenta que permite a obtenção de informações sobre uma dada realidade. Para (...) [Mueller, Torres e Morais] (1997), um indicador pode ser um dado individual ou um agregado de informações, sendo que um bom indicador deve conter os seguintes atributos: simples de entender; quantificação estatística e lógica coerente; e comunicar eficientemente o estado do fenômeno observado. Para (...) [Shields, Solar e Martin] (2002), um índice revela o estado de um sistema ou fenômeno. (...) [Prabhu, Colfer e Dudley (1996)] argumentam que um índice pode ser construído para analisar dados através da junção de um jogo de elementos com relacionamentos estabelecidos (SICHE *et al.*, 2007, p. 139-140)

Siche *et al.* (2007) apontam que um índice pode se transformar num componente de outro índice. Exemplo disso é ESI (Índice de Sustentabilidade Ambiental, do inglês *Environmental Sustainability Index*) (SAMUEL-JOHNSON; ESTY, 2000), que utiliza como uma de suas variáveis o EF (Índice Pegada Ecológica/EF, do inglês *Ecological Footprint*) (REES, 1992).

[entendemos] o termo índice como um valor numérico que representa a correta interpretação da realidade de um sistema simples ou complexo (natural, econômico ou social), utilizando, em seu cálculo, bases científicas e métodos adequados. O índice pode servir como um instrumento de tomada de decisão e previsão, e é considerado um nível superior da junção de um jogo de indicadores ou variáveis. O termo indicador é um parâmetro selecionado e considerado isoladamente ou em combinação com outros para refletir sobre as condições do sistema em análise. Normalmente um indicador é utilizado como um pré-tratamento aos dados originais. (SICHE *et al.*, 2007, p. 139-140)

Siche *et al.* (2007) apresentam alguns pontos que devem ser levados em conta na construção de um índice e sustentabilidade. Tais apontamentos foram também considerados por nós em nosso estudo para construção do sistema que propomos nesta dissertação. Siche *et al.* (2007) citam Camino e Müller (1993) para apontar que tais índices devem primeiramente tratar dos elementos que definem a sustentabilidade de um sistema e lembram Romeiro (2004) para dar importância à explicitação dos objetivos desse índice, sua base conceitual e seu público usuário (SICHE *et al.*, 2007).

O terceiro ponto frisado por Siche *et al.* (2007) no tocante ao desenvolvimento de índices de sustentabilidade trata da composição de tais índices a partir um conjunto de indicadores, considerando todas as dimensões da sustentabilidade:

em uma avaliação ambiental de um sistema, é que não existe a possibilidade de determinar sua sustentabilidade considerando apenas um indicador ou indicadores que se refiram a apenas um aspecto do sistema. A sustentabilidade é determinada por um conjunto de fatores (econômicos, sociais e ambientais), e todos devem ser contemplados no cálculo do índice de sustentabilidade através dos correspondentes indicadores (BOUNI, 1996) (...) (SICHE *et al.*, 2007, p. 142-143).

3.2 Aspectos gerais dos dos índices e indicadores de sustentabilidade

Em “Indicadores de sustentabilidade: uma análise comparativa”, Hans Michael Van Bellen (2005) apresenta o histórico do interesse internacional sobre um desenvolvimento sustentável e apresenta valores, serviços e bens fornecidos pela geosfera (VAN BELLEN, 2005, p. 18). No entanto, nessa listagem não são considerados valores sociais ou culturais, limitando-se a consideração de aspectos de qualidade do ar, água, solo e biodiversidade. Para Benbrook e Groth III (1996) aspectos como matéria orgânica, qualidade da água, qualidade do solo podem ser medidos de diferentes formas. Para eles, um indicador é apenas uma medida que constata determinada situação. Não se trata de um instrumento de previsão, medida estatística definitiva, ou evidência de causalidade. Consideram que as possíveis causas, conseqüências ou previsões que podem ser feitas são um exercício de abstração do observador, conforme seu conhecimento e sua visão de mundo (MARZALL, 1999).

Marzall e Almeida (2000) revelam que as propostas de indicadores devem ser testadas, corrigidas e adaptadas a novas realidades. E que também deve haver estudos das realidades, buscando compreender as interações existentes nos diferentes sistemas e considerando situações com e sem intervenção humana. Para construir conjuntos eficazes de indicadores, deve-se determinar os aspectos relevantes para a avaliação e monitoramento da sustentabilidade. Segundo as autoras, deve-se estudar possíveis interações entre os indicadores, pois estas podem revelar interações que ocorrem no sistema (MARZALL; ALMEIDA, 2000, p. 51)

As próprias autoras apresentam questionamentos sobre o desenvolvimento de indicadores: 1. qual a necessidade de que os indicadores se relacionem entre si, ou será que indicadores, individualmente, podem informar diferentes realidades; 2. qual o significado e importância dessa interação; 3. como indicadores de dimensões distintas (econômica, social e ambiental) se relacionam; 4. questiona-se se a definição de indicadores das interações que ocorrem no sistema não seria mais importante que a interação entre os indicadores.

Segundo elas, um indicador não apenas se alimenta de informações mas também as produz, pois sua interpretação depende das representações sociais, de uma leitura particular e determinantes políticos. Para as autoras, indicadores determinam modelos de interpretação da realidade social ou visões de mundo. Trata-se de estudar modalidades de percepção subjetiva do ambiente. Avaliar uma realidade e apontar os rumos a serem tomados com base nessa análise deve considerar a reação das pessoas diante da situação. Por isso, o significado de cada indicador deve ser extremamente claro, o que depende fundamentalmente do método de elaboração usado. O desenvolvimento de indicadores para avaliar a sustentabilidade de um sistema, monitorando-o, pode viabilizar o avanço na solução de problemas ambientais e sociais levantados na análise. (MARZALL; ALMEIDA, 2000, p. 51-52)

Segundo Siche *et al.* (2007, p. 139-140), o conceito de sustentabilidade foi introduzido no encontro internacional *The World Conservation Strategy* (IUCN; UNEP; WWF., 1980), passando a assumir dimensões econômicas, sociais e ambientais para embasar uma nova forma de desenvolvimento. O Relatório Brundtland, elaborado pela Comissão Mundial sobre Meio Ambiente das Nações Unidas definiu o termo sustentabilidade como uma forma de desenvolvimento que satisfaz as necessidades atuais sem comprometer o cumprimento das necessidades das futuras gerações (WECD, 1987). Neste relatório, foi observada a necessidade de uma nova noção sobre desenvolvimento, uma vez que este tem impactado negativa e irreversivelmente nos sistemas ecológicos. A relevância dessas discussões atualmente foi tema do *Brazilian Technology Symposium - Emerging Trends and Challenges in Technology* (GONÇALVES *et al.*, 2018)

Van Bellen (2005), e também Kátia Marzall e Jalcione Almeida (2000) destacam marcos históricos considerados responsáveis por alertarem organismos governamentais, não-governamentais, institutos de pesquisa e universidades em todo o mundo para a questão desenvolvimento sustentável. A principal referência é a a Conferência Mundial sobre o Meio Ambiente (Rio-92), ocorrida no Rio de Janeiro, Brasil, de 3 a 14 de junho de 1992. O documento final elaborado a partir dela, a Agenda 21, nos capítulos de 8 a 40, enfatiza a necessidade do desenvolvimento de indicadores de sustentabilidade por parte de cada país, de acordo com a sua realidade (UNSDP, 2019; MARZALL; ALMEIDA, 2000, p. 42; VAN BELLEN, 2004b, p. 6). Siche *et al.* (2007) apontam que a proposta da Conferência era definir padrões sustentáveis de desenvolvimento que considerassem aspectos ambientais, econômicos, sociais, éticos e culturais. Para isso, devia-se elaborar indicadores que mensurassem e avaliassem o sistema em estudo, considerando todos esses aspectos.

A Rio-92 criou a Comissão de Desenvolvimento Sustentável (em inglês, *CSD – Commission on Sustainable Development*), cuja principal responsabilidade é monitorar o progresso alcançado no cumprimento dos pontos da Agenda 21. A partir da conferência, a CSD adotou um programa de cinco anos para desenvolver instrumentos para os tomadores de decisão a nível nacional (VAN BELLEN, 2004b, p. 6). A CSD reconhece a necessidade de haver padrões que sirvam de referência para medir o progresso da sociedade em direção ao chamado “futuro sustentável” (MOLDAN; BILHARZ, 1997). Para isso, deve-se trabalhar numa base comum de avaliação com todos os fatores relacionados com a sustentabilidade, tais como fatores ecológicos, econômicos, sociais, culturais, institucionais, entre outros, de modo que se tenha um denominador para avaliação do grau de sustentabilidade. Van Bellen salienta que o conceito de desenvolvimento sustentável pode ser abordado em vários níveis, em esferas específicas: em termos geográficos, na esfera mundial, nacional, regional e local; no aspecto temporal, pode se abordar a curto, a médio ou a longo prazo; e quanto aos atores envolvidos, a ênfase pode ser atribuída ao indivíduo, ao grupo ou à sociedade. E é isso que pode vir a dificultar a comparação de análises feitas entre os indicadores (VAN BELLEN, 2004b, p. 6).

Para Van Bellen (2004b), as ferramentas de avaliação são úteis para quem toma decisões, pois podem ser utilizadas para o desenvolvimento de políticas, na função de planejamento, considerando-se que esses tipos de ferramentas cumprem outras funções: 1. analítica, na medida em que ajudam a interpretar os dados dentro de um sistema coerente, agrupando-os em matrizes ou índices; 2. comunicação, pois familiarizam os tomadores de decisão com os conceitos e métodos envolvidos na sustentabilidade e ajudam no estabelecimento e avaliação do cumprimento de metas; 3. aviso e mobilização, pois auxiliam os administradores a publicarem seus mecanismos de gestão, por meio de publicações anuais ou relatórios com indicadores-chave; 4. coordenação, na medida em que um sistema de medidas e de relatórios deve: a) integrar dados de diferentes áreas, coletados por agências distintas; b) ser factível, em termos de orçamento e recursos humanos; c) aberto à população, para participação e controle. Essas funções auxiliam melhor os tomadores de decisão nos processos escolha de indicadores e na sua utilização (VAN BELLEN, 2004b, p. 6). Segundo especialistas da área ambiental afirmam que uma ferramenta de avaliação pode ajudar a transformar a preocupação com a sustentabilidade em ação pública consistente (CUVILLIER, 2006; VAN BELLEN, 2004a).

Van Bellen (2004b) alerta que, apesar da existência de diversos sistemas para avaliação da sustentabilidade, há elementos que podem atrapalhar a comparação entre os

métodos de avaliação, como: a multidimensionalidade do conceito de desenvolvimento sustentável; a complexidade de se agregar num sistema de avaliação variáveis não relacionadas diretamente; a questão da transparência em sistemas de avaliação; os julgamentos de valor e sua ponderação nos diversos sistemas; o tipo de processo decisório envolvido; o tipo de variável envolvida (qualitativa, quantitativa ou as duas). (VAN BELLEN, 2004b, p. 6).

Para Chevalier (1992) e Gallopin (1996), indicador é uma variável relacionada hipoteticamente a uma outra variável estudada, que não pode ser diretamente observada. Os indicadores deveriam ser estudados como variáveis. Variável é uma representação operacional de um atributo de um sistema. Ou seja, a variável não é o próprio atributo, mas uma representação dele. O quanto essa variável se aproxima do atributo e quanto será útil nos processos de tomada de decisão dependerão da habilidade do investigador e das limitações e propósitos da investigação.

Cada indicador (descritivo ou normativo), tem uma significância própria. A característica mais importante de um indicador é que seja relevante para a política e para o processo de tomada de decisão. Logo, tem que ser considerado importante por tomadores de decisão e pelo público (GALLOPIN, 1996). Segundo Gallopin (1996), os indicadores mais desejados são aqueles que: 1. resumem ou simplificam informações relevantes; 2. tornam aparentes certos fenômenos que ocorrem na realidade, o que é importante na gestão ambiental. Para Van Bellen (2004b), a emergência da temática ambiental está fortemente relacionada à falta de percepção da ligação existente entre ação humana e suas principais consequências, sobretudo à degradação ambiental.

Para Tunstall (1992, 1994), os indicadores possuem funções: 1. avaliar condições e tendências; 2. efetuar a comparação entre lugares e situações; 3. avaliar condições e tendências em relação às metas e objetivos; 4. prover informações de advertência; 5. antecipar futuras condições e tendências.

Os indicadores e índices de sustentabilidade podem contribuir em processos decisórios que visam ao desenvolvimento sustentável (GUIMARÃES; FEICHAS, 2009). Indicadores de sustentabilidade são instrumentos de avaliação que evidenciam a condição de um sistema como sustentável ou não, segundo os padrões estabelecidos para o contexto analisado (MARZALL, 1999). Podem ser utilizados em conjunto com índices ou integrados em modelos mais complexos (COSTA, 2010). Os índices resultam de uma manipulação matemática de determinados dados visando simplificá-los, podendo ser formados por vários tipos de indicadores, inclusive de diferentes temáticas (VERONA, 2010).

Maior *et al.* (2012) discutem a abrangência dos indicadores de sustentabilidade agrícola. Lembram Reed *et al.* (2005), Marzall (1999) e Deponti, Córdula e Azambuja (2002), segundo os quais, tais indicadores devem ser definidos em função das condições específicas de cada ambiente investigado. Por outro lado, Maior *et al.* (2012) defendem que este critério dificulta a comparação entre diferentes contextos. Maior *et al.* (2012) reforçam, inclusive, que estabelecer esta comparação pode ser o próprio objetivo do uso dos indicadores em alguns estudos. Maior *et al.* (2012) também lembram Rao e Rogers (2006), para os quais o uso de indicadores e critérios padronizados em nível local pode favorecer a aplicação dos resultados nos âmbitos nacional e global, tornando viáveis a elaboração e orientação de políticas públicas.

Neste trabalho, nos dedicamos ao desenvolvimento do sistema de Avaliação Ponderada da MFA fundado na construção de matrizes de ponderação inspiradas em três modelos de análise, pautados em indicadores e índices de sustentabilidade: 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.*, 2015); e o método francês IDEA (*Indicateurs de Durabilité des Exploitations Agricoles*) (VILAIN, 2008; CASTRO *et al.*, 2009a; 2009b).

Dentre os muitos indicadores de sustentabilidade existentes, selecionamos para análise o IDEA como modelo de indicador de sustentabilidade agrícola por se tratar de um método já utilizado com sucesso junto aos agricultores do Alto da Serra de São Pedro/SP em estudo realizado em parceria de estudantes e pesquisadores da ESALQ/USP e da AgroParisTech. Trata-se do “*Adaptation de la méthode française IDEA pour l’évaluation de la durabilité des exploitations agricoles de la commune de São Pedro (Etat de São Paulo, Brésil)*” (em português, Adaptação do método francês IDEA para a avaliação da durabilidade das explorações agrícolas da comunidade de São Pedro - estado de São Paulo, Brasil). (CASTRO *et al.*, 2009a).

O IDEA tem sido amplamente adotado na França, tendo mais de 1500 aplicações em fazendas francesas desde sua criação em 1997 até o ano de 2007 (MAIOR *et al.*, 2012). Zahm *et al.* (2008) analisaram 65 desses estudos de caso, em vários sistemas de cultivo. Para os autores, o método auxilia fazendeiros e formuladores de políticas públicas na busca por uma agricultura mais sustentável. Acreditam também que pode ser utilizado para comparar fazendas com o mesmo tipo de produção e contextos locais similares, em termos de solo e clima (MAIOR *et al.*, 2012). Zahm *et al.* (2006) atestam a aptidão do método para comparar a sustentabilidade

entre diferentes sistemas de produção, tais como o convencional e o orgânico. Para *Maior et al.* (2012), o método IDEA é uma ferramenta didática que, no entanto, tem sido pouco aplicada nos meios acadêmicos brasileiros. Acreditam que Numa perspectiva futura ele pode tornar-se um importante instrumento para avaliar os pontos em que os sistemas agrícolas com base agroecológicas precisam de ações das políticas públicas para se tornarem sustentáveis.

Quanto ao uso do APOIA – Novo Rural e do Ambitec-Agro, ambos se mostraram eficazes para a análise do apoio do Grupo de Extensão de São Pedro/SP, o GESP, da ESALQ/USP, em termos de cumprimento da MFA junto ao mesmo grupo de agricultores. (TRIVELLATO, 2018). Optar pela utilização de indicadores já empregados em estudos relativos aos agricultores do Alto da Serra de São Pedro/SP deve-se ao fato de que se trata de uma comunidade de agricultores familiares de reconhecida relevância em termos de desenvolvimento sustentável. Por isso tem sido foco de estudos da ESALQ/USP e da AgroParisTech. (DE LUCAS; MARQUES; SARMENTO, 2010; MORUZZI MARQUES; LUCAS; TRIVELLATO, 2017; CASTRO *et al.*, 2009a; TRIVELLATO, 2018).

O APOIA – Novo Rural pareceu interessante para o estudo da MFA por ter sido útil na análise de estabelecimentos de alto nível de desenvolvimento sustentável e, suspeitamos, alto grau de cumprimento da MFA. Tratam-se: 1. da propriedade modelo da EMBRAPA, a fazenda Nata da Serra, em Serra Negra/SP, do Engenheiro Agrônomo Ricardo Schiavinato (RODRIGUES; RODRIGUES; DONATTI, 2010), que alcançou um índice integrado de sustentabilidade de 0,89 (em uma escala de 0 a 1,0 com a linha de base modelada em 0,70); 2. e da agroindústria brasileira Korin Agropecuária Ltda., cujo estudo utilizando o APOIA foi apreentado na Tese de Doutorado de Demattê Filho (2014), premiada pela CAPES como melhor tese do ano de 2015 na área de Ciências Ambientais. (CAPES, 2019). A Korin obteve índice integrado de sustentabilidade de 0,87, segundo o autor, justificado pelo seu histórico de mais de 20 anos de práticas relacionadas à Agricultura Natural.

Segundo Demattê Filho e Moruzzi Marques (2011), crises econômicas que se repetem a curtos intervalos de tempo tem interferido nos sistemas agroalimentares e comprometido o acesso de milhares de pessoas ao alimento. Por outro lado, em níveis socioeconômicos mais elevados, tem-se assistido a uma procura por alimentos de qualidade e com diferenciais produtivos nos aspectos sociais, ambientais, técnicos e éticos da produção. Nesse contexto, a intensificação de críticas aos modelos produtivos convencionais e sistemas globais de distribuição de alimentos tem aberto oportunidades para o reconhecimento da MFA. Isto se deve ao fato de que MFA pode viabilizar estudos de dinâmicas produtivas e desenvolvimento territorial sustentáveis devido ao seu enfoque social e ambiental, preocupado com a qualidade

alimentar e nutricional. Para os autores, a Agricultura Natural, a Agricultura Orgânica, a Agroecologia e a Agricultura Biodinâmica podem ser avaliadas sob a ótica da multifuncionalidade. Consideram a MFA como as mais instigantes das abordagens para se analisar práticas agrícolas alternativas e as dinâmicas que as envolvem. (DEMATTE FILHO; MARQUES, 2011, p. 9-10)

Para Marzall e Almeida (2000), no desenvolvimento de sistemas de avaliação, a proposta metodológica deve estar claramente definida. Primeiramente, deveria ser considerado um enfoque sistêmico nas propostas apresentadas, realizando uma abordagem global dos sistemas, dando ênfase às relações e interações existentes entre os diversos indicadores. Os sistemas de análise utilizados como referenciais neste trabalho, o APOIA – Novo Rural, o Ambitec-Agro, e o IDEA sempre partem de indicadores elencados em dimensões. Do mesmo modo, as autoras tratam no artigo sobre a importância da separação de indicadores em dimensões (ou categorias), mas também fazem alertas sobre o processo de interpretação das informações fornecidos pelos indicadores. Trata-se de que se considerar não somente na análise de indicadores, mas também as interações entre os diferentes indicadores dentro de uma mesma dimensão e também a existência de interações entre os indicadores de dimensões diferentes. Este tipo interações foi levado em consideração nas análises propostas na monografia “O Grupo de Extensão de São Pedro/SP (GESP) da ESALQ/USP e a Multifuncionalidade da Agricultura” (TRIVELLATO, 2018). As autoras acreditam que o fato de que a maioria das análises considere as informações fornecidas pelos indicadores separadamente, desconsiderando as interações, deve-se, possivelmente, à falta de tradição na pesquisa sistêmica propriamente dita e pela predominante lógica racionalista-reducionista de interpretação de dados. Sobre a elaboração de sistemas de análise, com o objetivo de estudar uma nova realidade, as autoras criticam o que geralmente é feito. Normalmente são utilizados indicadores consagrados pelo uso, buscando apenas adaptá-los a uma nova linguagem. (MARZALL; ALMEIDA, 2000, p. 48)

Sabendo disso, neste trabalho, preocupamo-nos que o sistema de avaliação desenvolvido se ocupasse de aspectos ainda não quantificados, desenvolvendo métodos específicos para quantificá-los. Os sistemas de análise APOIA – Novo Rural, Ambitec-Agro e IDEA foram utilizados como inspiração e modelo. Eles não foram aplicados diretamente à propriedade rural considerada e tampouco fizemos uma seleção de seus indicadores para compor o nosso Sistema de Avaliação Ponderada da MFA. Ocupamo-nos de aspectos de reconhecida importância para o estudo do desenvolvimento sustentável e, sobretudo, da MFA, mas geralmente não consideradas pelos analistas e não-avaliados devido a uma fragilidade na

quantificação de tais aspectos, e pela falta de ferramentas disponíveis para avaliá-los. (MEA, 2005a; MEA, 2005b; CARNEIRO; MALUF, 2003).

Cândido *et al.* (2015) compararam dois métodos de avaliação da sustentabilidade para unidades produtivas agroecológicas: o francês IDEA (indicadores de Sustentabilidade de Explorações Agrícolas) e mexicano MESMIS (Marco de Avaliação de Sistema de Manejo de Recursos Naturais Incorporando Indicadores de Sustentabilidade) (MASERA; ASTIER; LÓPEZ RIDAURA, 1999). A comparação foi feita com base nos critérios: 1. conceito de sustentabilidade no qual se baseou o método; 2. principais objetivos e público-alvo pretendido; 3. grau de flexibilidade do método; adoção da abordagem sistêmica; 4. e nível de participação de stakeholders no processo de avaliação.

Herwich, Pease e Koshland (1997) compararam seis métodos de avaliação do impacto ambiental de produtos e processos de produção em termos de profundidade da análise (refere-se ao número de objetivos que sustentam as metodologias) e o grau de quantificação. Apontaram dois principais que podem levar à ineficácia desses métodos. Trata-se de a) recomendarem alternativas produtivas piores da que vem sendo utilizada no sistema e b) alguns métodos necessitarem de um número tão vasto e detalhado de dados, que inviabiliza economicamente a sua aplicação. (HERWICH; PEASE; KOSHLAND, 1997; CUVILLIER, 2006, p. 106-107)

Marzall e Almeida (2000) compararam 15 indicadores de sustentabilidade para agroecossistemas, apontando critérios para eficácia de sua utilização e obtenção de resultados satisfatórios: a) definição clara dos objetivos a serem alcançados; b) definição clara do público-alvo; c) escolha de indicador cuja escala de análise se adeque à propriedade avaliada; d) ideia clara do conceito de sustentabilidade, pois isto condicionará a interpretação dos resultados; e) definição clara do significado de cada indicador e sua interpretação, pois isto interfere na avaliação de resultados; f) clareza da proposta metodológica, dando importância a uma interpretação sistêmica e consideração das inter-relações entre indicadores; g) aplicabilidade prática dos indicadores; h) participação do agricultor no desenvolvimento da metodologia; i) equi-representatividade dos indicadores, no sentido de que deve haver entre as várias dimensões da sustentabilidade, abrangendo indicadores ambientais, impactos econômicos e sócio-culturais (MARZALL; ALMEIDA, 2000; CUVILLIER, 2006, p. 107-108)

Sobre o item "d", no nosso sistema de avaliação, este ponto se aplica ao que se entende por MFA, já descrito na Introdução e diferenciado de conceitos como "atividades para-agrícolas" e "pluriatividades"). O item "e" também é muito importante para o nosso estudo, pois é importante entender o que significa cada indicador, o que está indissociado da sua

interpretação. Fizemos isto ao definir cada dimensão, também na introdução, sobretudo ao que se refere ao conceito de "Reprodução socioeconômica das famílias rurais" que, imbutido no sistema a ideia de inter-relações entre indicadores (contemplando o item "f"), torna-se um indicador da dimensão "Manutenção do tecido social e cultural". O item "g" também foi contemplado no nosso estudo ao justificarmos nossa opção por trabalhar com 5 indicadores em cada uma das 4 dimensões, afirmando de que de nada adiantava termos um número vasto de indicadores se o processo de interpretação das informações fornecidas por ele não fosse preciso. Contemplamos o item "h" ao incluirmos no nosso processo de desenvolvimento do sistema de avaliação ponderada da MFA a construção junto a uma propriedade modelo, aplicando-o junto a propriedade e corrigindo-o conforme as necessidades do agricultor. Sobre o item "i", propusemos quatro dimensões, com base nas quatro funções da MFA segundo Carneiro e Maluf (2003), contemplando, portanto, aspectos ambientais, econômicos e sociais.

Van der Werf e Petit (2002) compararam doze metodologias de avaliação do impacto ambiental na agricultura baseadas em indicadores e recomendaram pontos para favorecer a eficácia do método empregado: a) os objetivos devem levar em conta os efeitos locais e globais do sistema; b) os indicadores de efeitos ambientais devem considerar as práticas utilizadas pelo produtor; c) utilizar indicadores que expressam impactos por unidade de superfície e produto; d) utilizar indicadores que apontem *output* em valor e não em *scores* (adimensionais); e) definir cientificamente os patamares de análise. (VAN DER WERF; PETIT, 2002; CUVILLIER, 2006, p. 108-109).

Van Bellen (2004a), comparou três ferramentas de avaliação do grau de sustentabilidade de desenvolvimento, sendo elas: 1) Ecological Footprint Method (WACKERNAGEL; REES, 1996); 2) Dashboard of Sustainability; 3) Barômetro da Sustentabilidade. Para Van Bellen (2004a), a eficácia de uma metodologia depende dos seguintes aspectos: a) representar equitativamente todas as dimensões da sustentabilidade; b) indicadores devem ser dinâmicos, permitindo extrapolações no tempo; c) eventuais simplificações da metodologia devem ser válidas, não extrapolar para cenários demasiado otimistas; d) deve considerar as inter-relações entre as dimensões e a complexidade do sistema estudado, adotando uma análise sistêmica; e) agregar os indicadores em índices torna o método mais útil para ser usado como ajuda para tomadores de decisão; f) indicadores devem ser adaptados às circunstâncias locais. (VAN BELLEN, 2004a; CUVILLIER, 2006, p. 109-110)

Para Cuvillier (2006, p. 48) A ferramenta *Dashboard of Sustainability* (VAN BELLEN, 2004a) tem vantagem por apresentar os indicadores na forma de *performance*. Cada

indicador tem uma seta cujo valor reflete a performance atual do sistema e uma escala de cores (verda, amarelo, vermelho) que aponta os pontos críticos. Isso significa que a análise do indicador isoladamente não reflete a situação geral do sistema, que é obtida por meio da combinação dos indicadores. Este aspecto é importante no que tange à interpretação das informações obtidas da interpretação dos indicadores, na visão de Marzall e Almeida (2000).

Cuvillier (2006) destaca aspectos comuns considerados por todos os autores: a) importância da disponibilidade de dados para a viabilidade do indicador, mas a obtenção deles não pode limitar a análise nem comprometer a interpretação de resultados; b) indicadores procuram ser úteis para tomadas de decisão, logo devem sustentar informações relevantes e pertinentes; c) indicadores objetivam avaliar a sustentabilidade de um sistema. Sobre o item "c", Cuvillier lembra Marzall e Almeida (2000, p. 50), que criticam métodos que possuem uma lista extensa de indicadores, como se objetivo fosse caracterizar o sistema e não avaliar a sua sustentabilidade. Isto nos remete ao nosso sistema de avaliação ponderada de MFA: objetivamos avaliar a MFA na propriedade agrícola e não caracterizar a propriedade. A eficácia do nosso sistema, portanto, será avaliada em termos do quanto é capaz de identificar a MFA no estabelecimento. Esse aspecto é importante porque está atrelado não só à qualidade do sistema mas porque lembra a importância de conhecer claramente os objetivos da metodologia proposta. (MARZALL; ALMEIDA, 2000, p. 50; CUVILLIER, 2006, p. 110-111)

3.3 Índices De Sustentabilidade: Tendência "Métodos Energéticos"

Há duas tendências de índices de sustentabilidade ambiental: "*tableaux de bord*" via indicadores" e os métodos energéticos (CUVILLIER, 2006). Trataremos nesta seção dos métodos energéticos⁹.

⁹ Na dissertação "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", Cuvillier (2006) identificou e analisou comparativamente metodologias de avaliação da sustentabilidade aplicadas em sistemas de produção agrícola. Segundo a autora, o trabalho não teve a ambição de apresentar uma exaustiva lista de ferramentas, mas dar exemplos relevantes quanto à abordagem (clássica ou original), metodologia de elaboração dos indicadores e escopo de aplicação da ferramenta (menos ou mais abrangente). O trabalho desenvolvido por Cuvillier (2006) foi particularmente importante para este capítulo. Conforme a autora, as metodologias de avaliação seguem duas grandes tendências: a) uso de indicadores como check-list para avaliar os vários aspectos da sustentabilidade; b) análise sistêmica (ou análise energética), baseada nas interações do sistema de produção com o ambiente ao seu entorno, avaliando entradas e saídas energéticas do sistema. (CUVILLIER, 2006, p. 47)

Os métodos energéticos constituem-se numa análise sistêmica, baseada nas interações do sistema de produção com o ambiente ao seu entorno, avaliando entradas e saídas energéticas do sistema. Cuvillier (2012) destacou três métodos de análise: 1. Metodologia de Avaliação de Ciclo de Vida (ACV, ou LCA); 2. Análise Insumo-Produto (I/O Analysis), método EIO-LCA, desenvolvido por Wassily-Leontief; 3. Análise Emergética.

A Análise Ecológica-Energética (AEE) surgiu no século XIX, na França e nos Estados Unidos, como alternativa aos métodos tradicionais de avaliação de uma UPA (unidade de produção agrícola), baseados em cálculos econômicos e financeiros. Trata-se de uma forma de investigação científica que utiliza a variável energia como meio de avaliação. Ecologistas passaram a estudar fluxos energéticos em cadeias tróficas, avaliando a produtividade de culturas isoladas. Na década de 70, passou-se a analisar os sistemas agrícolas em termos energéticos, pois a crise mundial de energia fóssil sugeriu que estas poderiam limitar produção agrícola futuramente. A questão energética dos sistemas agrícolas, nesse mesmo período, começou a ser estudada em termos antropológicos, considerando a intervenção de parâmetros econômicos, sociais e culturais na gestão dos ecossistemas. (MACEDÔNIO, 1990; CUVILLIER, 2006, p.89)

3.3.1 Metodologia Life Cycle Analysis

A Metodologia de Avaliação de Ciclo de Vida (ACV, ou LCA, do inglês *Life Cycle Analysis*) avalia os impactos ambientais relacionados a determinado produto agrícola, quantificando consumo de recursos e emissões. Desse modo, revela as áreas nas quais produtores devem se dedicar para minimizar impactos ambientais. (CUVILLIER, 2006, p. 91) Baseia-se em: 1. definição do objetivo e do escopo do estudo; 2. análise do inventário do ciclo de vida (LCI: *Life Cycle Inventory*), levantando os inputs materiais e energéticos e emissões; 3. avaliação dos impactos do Ciclo de Vida (LCIA: *Life Cycle Impact Assessment*), que consiste em a) considerar como cada área do inventário afeta o meio ambiente, b) multiplicá-las por fatores de caracterização, c) agregá-las em categorias de impactos, obtendo um indicador por categoria. (ISO, 1997; BENTRUP *et al.*, 2004; CUVILLIER, 2006, p. 92)

Segundo Cuvillier (2006, p. 93), há várias abordagens LCA facilmente aplicáveis a realidades industriais, mas de difícil adaptação para a agricultura, pois a LCA não considera determinados impactos ambientais e não utiliza um índice ambiental geral. Dentre as suas principais desvantagens está a desconsideração das interações entre indicadores, o que, ao final

dos cálculos, subestima os impactos ambientais advindos da produção. (LAVE; HENDRICKSON; McMICHAEL, 1995; CUVILLIER, 2006, p. 93-94)

3.3.2 Metodologia Inputs/Outputs Analysis

A Análise Insumo-Produto (*Inputs/Outputs Analysis*), identifica as interdependências econômicas de um produto na cadeia econômica na qual está inserido. Ela permite realizar uma Análise de Ciclo de Vida de Inputs-Outputs econômicos (método EIO-LCA), por meio da: 1. estimativa das modificações de output direto por setor; 2. avaliação de outputs diretos e indiretos econômicos com a matriz Inputs-Outputs ; 3. avaliação das emissões e impactos ambientais dos outputs por setor; 4. somatória dos dejetos e emissões causados pelo setor, apontando o impacto total. Desse modo, é possível calcular um índice de impacto geral por setor, e compará-lo com os outros setores da economia. Ao comparar compara a metodologia LCA clássica e a EIO-LCA, Cuvillier (2006, p. 98) considera que a a EIO-LCA é mais abrangente que a LCA clássica por considerar efeitos diretos e indiretos entre os indicadores.

Para Cuvillier, (2006, p. 94-95) uma EIO-LCA agrícola permite avaliar o impacto energético de mudanças adotadas nos sistemas, como abandono de energia fóssil, por exemplo. Isso torna a abordagem EIO-LCA interessante como inspiração para o desenvolvimento do sistema de avaliação ponderada da MFA, no sentido de que a identificação de mudanças no sistema no sentido de favorecer a MFA é um dos nossos objetivos. (TRIVELLATO, 2018, p. 68) No entanto, Cuvillier (2006, p. 98) discute que a EIO-LCA se adequa melhor à comparação de cenários produtivos ou econômicos, sendo inapropriada para propor melhorias específicas dentro de um mesmo cenário. Isto ocorre porque a metodologia aponta os impactos do conjunto produtivo, não permitindo identificar especificamente qual a variável limitante dentro de cada setor. Nesse caso, o método APOIA-Novo Rural trabalha apontando quais são as variáveis limitantes dentro do sistema e devem ser aprimoradas. (RODRIGUES; CAMPANHOLA, 2003) Segundo a autora, a EIO-LCA trata-se de uma ferramenta simples para ser aplicada numa pequena UPA, que permitiria dar uma idéia da eficiência energética. (CUVILLIER, 2006, p. 98)

A matriz Insumos-Produtos permite, em sistemas de produção agrícola, calcular os fluxos de energia entre os diferentes elementos constituintes do sistema (os grãos, as frutas, o gado, o solo, a água, por exemplo). Para Tellarini e Caporali (2000), ela indica o quanto foi consumido para produção, em termos energéticos e monetários, em cada setor, para cada setor. Os autores utilizaram a matriz para avaliar a sustentabilidade de duas propriedades da Itália

central e dela extraíram indicadores de performance do agroecossistema, sendo eles: a) indicadores estruturais, que descrevem as características ambientais do sistema; b) indicadores funcionais, medem a eficácia do sistema e permitem comparar diferentes sistemas.

Tellarini e Caporali (2000) classificaram os indicadores em: a) 17 indicadores diretos, calculados a partir de dados energéticos ou monetários; b) 16 indicadores obtidos de cálculos entre dados expressos em energia e em dinheiro. Este ponto é interessante por nos alertar que no nosso sistema que pode haver um número determinado de indicadores calculado num padrão, enquanto outro conjunto de indicadores pode demandar outro tipo de análise.

Cuvillier (2006, p. 95-96) destaca dois indicadores: 1. dependência de fonte de energia não-renovável, calculado a partir da razão "insumo externo não-renovável"/ "insumo total"; 2. autonomia da propriedade, calculado a partir da razão " insumo produzido no sistema"/ "input total". Esses dois indicadores nos dão uma ideia de como propor o cálculo dos indicadores do nosso sistema de avaliação ponderada da MFA. Eles nos lembram particularmente o indicador "Aumento da autonomia dos produtores", da dimensão " Reprodução socioeconômica das famílias rurais".

3.3.3 Análise emergética

A análise emergética parte da Engenharia Ecológica, tendo sido formulada por Odum (1996), no final da década de 1980. Emergia é energia incorporada, sua unidade de medida é o emjoule. Trata-se de toda energia externa e intrna, renovável ou não, utilizada pela biosfera para produzir um recurso, seja natural ou antrópico. (CUVILLIER, 2006, p. 99) A metodologia permite comparar sistemas produtivos entre si; prever tendências; sugerir alternativas e determinar políticas públicas através de modelos, avaliações, índices e simulações. (CUVILLIER, 2006, p. 103) Para Cuvillier (2006, p. 106), uma das principais limitações do método é que depende da habilidade do pesquisador em coletar os dados e, a eventual falta destes pode comprometer a análise, reduzindo-a a estimativas que virão a comprometer os resultados da análise.

A análise emergética avalia fluxos energéticos, apontando a proporção de recursos renováveis e não-renováveis utilizados num sistema produtivo e medindo a a sustentabilidade do sistema e termos de dependência de fontes de energia natural e fóssil. Desse avaliação, obtem-se índices de emergia, medidos numa base padrão, a energia solar equivalente, numa

razão entre a energia mínima necessária para um ecossistema produzir um recurso e a energia final contida nos recursos produzidos. (CUVILLIER, 2006, p. 99-100)

A avaliação consiste em: 1. Descrever o sistema de produção agrícola num diagrama apontando as entradas e saídas energéticas; 2. Agregar as energias em grupos de a) Recursos Naturais Renováveis (R), b) Recursos Naturais c) Não-renováveis (N), d) Materiais e Combustíveis (M), e) Trabalho e outros Serviços (S), f) Produção (Y). g) Energia dos recursos locais (I) (renováveis e não-renováveis, $I = R+N$), h) Somatório dos materiais e serviços envolvidos no processo produtivo (F) ($F = M+S$); 3. Construir de tabela de avaliação de fluxos; 4. Calcular os índices de energia, sendo cinco principais; 5. Analisar resultados e obter conclusões.

3.3.4 Ecological Footprint, Environmental Sustainability Index e Emery Performance Index

Siche *et al.* (2007, p. 138-139) consideram como as principais contribuições ao uso de indicadores de sustentabilidade: 1. o índice Pegada Ecológica ou EF (do inglês *Ecological Footprint*), elaborado por Rees (1992); 2. o Índice de Sustentabilidade Ambiental ou ESI (do inglês *Environmental Sustainability Index*) (SAMUEL-JOHNSON; ESTY, 2000); 3. os Indicadores de Desempenho Emergético ou EMPs (do inglês *Emery Performance Index*) Renovabilidade e Índice de Sustentabilidade Emergética (BROWN; ULGIATI, 1997). Apresentam também o que consideram como tentativas interessantes no desenvolvimento de índices para avaliar a sustentabilidade de países, entretando pouco utilizadas pela comunidade científica. Estas exigiriam 1. complexa manipulação de dados, envolvendo ponderação dos dados e mudança de unidades; 2. grande conhecimento da ferramenta, exigindo muito tempo na obtenção de dados primários. Tratam-se dos trabalhos de: 1. Pearse e Atkinson (1993); 2. Gilbert e Feenstra (1994); 3. Nilsson e Bergström (1995); 4. Azar, Holmberg e Lindgren (1996); 5. Stockhammer *et al.* (1997); 6. Bicknell *et al.* (1998); 7. Neumayer (2001); 8. Baloccoa *et al.* (2004); 9. Steinborn e Svirezhev (2000); 10. Moser (1996); 11. Krotscheck e Narodslawsky (1996); 12. Barrera e Saldívar (2002).

Siche *et al.* (2007), no artigo "Índices versus indicadores: precisões conceituais na discussão da sustentabilidade de países" ilustraram as vantagens e limitações dos índices EF (*Ecological Footprint*), ESI (*Environmental Sustainability Index*) e EMPs (*Emery Performance Index*), notadamente o Índice de Renovabilidade e o Índice de Sustentabilidade

Emergética (BROWN; ULGIATI, 1997). O EF e o ESI são os índices mais utilizados na avaliação da sustentabilidade de países no mundo todo.

A metodologia do *Ecological Footprint* (REES, 1992; GFN, 2019) consiste em construir uma matriz de consumo/uso de terra, considerando cinco categorias do consumo (alimento, moradia, transporte, bens de consumo e serviços) e seis categorias do uso da terra (energia da terra, ambiente degradado, jardins, terra fértil, pasto e floresta sob controle). O objetivo é calcular a área de terra necessária para a produção e a manutenção de bens e serviços consumidos por uma comunidade (WACKERNAGEL; REES, 1996). O método não utiliza índices ou indicadores intermediários. Trabalha somente com agregação de dados primários para obter o índice final.

O *Environmental Sustainability Index* (SAMUEL-JOHNSON; ESTY, 2000) avalia o progresso geral de uma nação em direção à sustentabilidade ambiental. Ele fornece um perfil da administração ambiental nacional a partir da compilação de indicadores (SEDAC, 2019). Ele consiste em 21 indicadores que necessitam de uma enorme quantidade de dados primários para sua obtenção. Os indicadores são separados em dimensões (sub-índices) e agregados para compor o índice final.

Siche *et al.* (2007) destacam o Índice de Renovabilidade e o Índice de Sustentabilidade Emergética (BROWN; ULGIATI, 1997) dentre os *Emergy Performance Indexes*, elaborados com base na teoria emergética proposta por Odum (1996). Eles avaliam o sistema econômico como um sistema termodinâmico aberto, contabilizando fluxos econômicos como unidades de energia agregada. A metodologia é menos complexa que a adotada no ESI. Baseia-se na agregação de dados primários para obtenção de indicadores dois indicadores, que irão compor o índice final.

3.4 Índices De Sustentabilidades: Tendência "*Tableaux De Bord*" Via Indicadores

Em sua análise, Cuvillier (2006) destacou seis indicadores da tendência "*tableaux de bord*" via indicadores": 1. indicadores da OCDE (2001); 2. indicadores agroambientais do Canadá (McRAE; SMITH; GREGORICH, 2000); 3. indicadores desenvolvidos por Moacir Darolt (2001) para avaliar agricultura orgânica; 4. método proposto por Lino G. Vargas Moura (2002) para sistemas de produção de fumo em agricultura familiar, inspirado no mexicano MESMIS (MASERA; ASTIER; LÓPEZ RIDAURA, 1999); 5. método APOIA - Novo Rural, desenvolvido pelo Embrapa Meio Ambiente (RODRIGUES; CAMPANHOLA, 2003;

CAMPANHOLA; SILVA, 2000); 6. método francês IDEA (Indicateurs de Durabilité des Exploitations Agricoles) (VILAIN, 2008, 2003).

Nessa seção, estudamos, da Tendência "*Tableaux De Bord*" Via Indicadores, nove índices: 1. Indicadores internacionais OCDE e Canadá (CUVILLIER, 2006; OCDE, 2001); 2. Indicadores Agroambientais Canadá (McRAE; SMITH; GREGORICH, 2000; CUVILLIER, 2006); 3. Método Moacir Darolt (2001); 4. MESMIS (MASERA; ASTIER; LÓPEZ RIDAURA, 1999); 5. Método Moura (2002); 6. APOIA – Novo Rural (RODRIGUES; CAMPANHOLA, 2003); 7. Ambitec-Agro (RODRIGUES *et al.*, 2015); 8. IDEA (VILAIN, 2003; 2008); 9. Método avaliação da sustentabilidade dos estabelecimentos familiares agrícolas do Alto da Serra de São Pedro/SP/Brasil (CASTRO *et al.*, 2009a).

Dentre estes, o índice/sistema de avaliação da MFA foi inspirado sobretudo em três índices: 1. APOIA – Novo Rural (Avaliação Ponderada de Impacto Ambiental de Atividades do Novo Rural); 2. Ambitec-Agro (Sistema de Avaliação de Impactos de Inovações Tecnológicas Agropecuárias); 3. método francês IDEA (Indicateurs de Durabilité des Exploitations Agricoles).

3.4.1 Os indicadores internacionais da OCDE e Canadá

Para Cuvillier (2006, p.48), os indicadores da OCDE e do Canadá são relevantes porque apresentam dados agregados e padronizados a nível internacional ou nacional. No entanto, os indicadores da OCDE apresentam limitações que não o tornam aplicável a realidade de qualquer país, pois não pondera as disparidades entre eles.

A OCDE elaborou um conjunto de 48 indicadores, voltados para analisar: 1. A agricultura no contexto econômico, social e ambiental; 2. Gestão das propriedades agrícolas e meio ambiente; 3. Utilização dos entradas agrícolas e dos recursos naturais; 4. Repercussão da agricultura no meio ambiente. (CUVILLIER, 2006; OCDE, 2001). Os indicadores da OCDE estão estruturados no modelo DSR 24 (Driving forces-State-Response), ou PER (Pressão-Estado-Resposta). Este Quadro DSR identifica três grandes tipos de indicadores: a) indicadores das causas impactantes (Driving forces), que abarca modificações ambientais provocadas pela agricultura; b) indicadores de estado, que apontam efeitos/impactos da agricultura no meio ambiente; c) indicadores de resposta, que medem ações tomadas para minizar as modificações ambientais. (CUVILLIER, 2006, p. 54; OCDE, 2001). A abordagem DSR permite identificar

pontos mais preocupantes da propriedade analisadas, mas possui uma lógica linear, pois avalia um problema em função de sua causa e busca uma solução. O DSR, portanto, não realiza um enfoque sistêmico (CUVILLIER, 2006, p. 58; MARZALL; ALMEIDA, 2000). O relatório da OCDE (2001) reconhece fragilidades do sistema, como: a) em alguns indicadores, os dados e informação fornecidas não permitem o estabelecimento de uma tendência; b) em alguns casos, as interações entre os indicadores ficam subentendidas e não-quantificadas; c) os indicadores não são aplicáveis a qualquer país pois não ponderam as disparidades entre eles e, como consequência, as informações fornecidas por eles não podem ser interpretadas igualmente em todos os países.

3.4.2 Os indicadores agroambientais do Canadá

Os indicadores agroambientais do Canadá utilizam 14 indicadores (McRAE; SMITH; GREGORICH, 2000). Cuvillier (2006, p. 63) lembra que, embora o Quadro DSR se proponha a analisar fatores econômicas, sociais e políticos que impactam a agricultura, os indicadores da OCDE ou Canadá apenas consideram indicadores relativos ao meio ambiente.

Os indicadores agroambientais do Canadá tem fragilidades como: a) indicadores que carecem de dados, dificultando análises de tendências temporais de evolução do estabelecimento agrícola ou comparações entre regiões; b) indicadores não são expressos numa medida padrão, dificultando comparações e interpretação das informações. Cuvillier (2006, p. 63) considera positivo o fato de que o modelo canadense se resume a 14 indicadores. Na sua visão, isso viabilizaria sua aplicação e o compara com o APOIA-NovoRural, que possui 62 indicadores, considerando o vasto número uma desvantagem. Entretanto, ela aponta que, no modelo canadense, os indicadores podem se desdobrar em outros indicadores e isso parece ocorrer em função dos dados obtidos em campo. Ela toma como exemplo o indicador "gestão das entradas agrícolas", que pode informar 1. porcentagem de agricultores aplicando fertilizante nitrogenado pré-semeadura; 2. proporção de agricultores utilizando rotação de cultura para controle de pragas. Na nossa opinião, isto é uma forte desvantagem do modelo. Não vemos vantagem em estabelecer um modelo que, conforme o ambiente analisado, necessite de desdobramentos e análises. Acreditamos que o propósito do modelo é facilitar o trabalho daquele que realiza a análise. Isso implica que os elaboradores deveriam incluir no modelo: todo tipo de possibilidade de interações entre indicadores; todas as análises necessárias para levantamento dos dados e informações relevantes para o estudo.

3.4.3 O método de Moacir Darolt (2001)

O método elaborado por Moacir Darolt (2001) para avaliar agricultura orgânica possui 55 indicadores (ou variáveis, como ele chama) distribuídos em cinco dimensões: Sócio-cultural; Técnico-agronômica; Econômica; Ecológica; Político-institucional. Segundo ele, as variáveis do método foram selecionadas de modo a melhor representar a realidade multidimensional do agricultor e da unidade de produção agrícola (UPA). Ele realizou uma análise estatística identificando os principais fatores que podem vaforecer ou defavorecer a produção orgânica de 57 propriedades orgânicas da Região Metropolitana de Curitiba. Para Cuvillier (2006, p. 69), o método de Darolt diferencia-se dos demais em alguns importantes aspectos: a) considera a dimensão político-institucional; b) adota enfoque sistêmico, considerando inter-relações entre dimensões e observado tendências dos diferentes grupos de indicadores. Por outro lado, a autora considera como desvantagens: a) falta de homogeneidade entre as dimensões quanto ao número de indicadores; b) vasto número de indicadores, o que aumenta o tempo de levantamento de dados; c) indicadores expressos em diferentes unidades, dificultando a agregação de resultados e expressão por um índice global.

3.4.4 O MESMIS e o método de Moura (2002)

O método proposto por Lino G. Vargas Moura (2002) para sistemas de produção de fumo em agricultura familiar é baseado em indicadores de sustentabilidade, notadamente o MESMIS (MASERA; ASTIER; LÓPEZ RIDAURA, 1999), conforme Cuvillier (2006, p. 71). São utilizados 15 indicadores divididos em três dimensões: econômica, social e ambiental. Foram selecionados cinco indicadores para cada dimensão, procurando abranger cinco critérios básicos da sustentabilidade, inspirados no MESMIS (MASERA; ASTIER; LÓPEZ RIDAURA, 1999): produtividade, equidade, estabilidade, autonomia e resiliência.

Eles resultam num índice agregado (o Índice Relativo de Sustentabilidade – IRS), o que permite comparar sistemas de produção, e foram aplicados em 34 propriedades agrícolas de Agudo, Estado do Rio Grande do Sul. Analogamente à monografia “O Grupo de Extensão de São Pedro/SP (GESP) da ESALQ/USP e a Multifuncionalidade da Agricultura” (TRIVELLATO, 2018), Moura selecionou seus indicadores na bibliografia consultada, selecionando os aspectos mais relevantes para a realidade estudada. (CUVILLIER, 2006, p. 71;

MOURA, 2002). Também como na monografia (TRIVELLATO, 2018), Moura (2002) utilizou média aritmética simples para cálculo do método. Isto foi uma das fragilidades da monografia e Cuvillier também reconhece como fragilidade do método proposto por Moura.

Para Cuvillier (2006, p.74), as vantagens deste método estão em: a) número reduzido de indicadores; b) “equi-representatividade ou equi-peso” das três dimensões e na homogeneidade entre essas; c) é um método relativamente simples de calcular, obtendo-se os Índices Gerais (os IRS) por médias aritméticas, sendo simples de serem automatizados numa planilha MS-Excel; d) possibilidade de analisar a correlação entre um fator e o índice de sustentabilidade. Para Cuvillier (2006, p. 74), as limitações do método de Moura (2002) são: a) utiliza média aritmética simples da sustentabilidade, logo, serve unicamente para uma análise comparativa realizada diante de uma amostra representativa; b) a ideia de sustentabilidade é insuficiente, pois as UPAs que atingirem a média calculada são consideradas como “sustentáveis”; c) a agregação provoca distorção dos dados e compensação dos valores nas diferentes dimensões, disfarçando o perfil das UPAs (uma delas possuía o terceiro melhor índice agregado embora tivesse o pior desempenho na dimensão ambiental); d) a priorização de indicadores pode causar falhas na omissão de fatores que interferem no desempenho global dos sistemas, comprometendo uma abordagem sistêmica. Este último ponto se assemelha ao indicador de cumprimento da MFA da monografia (TRIVELLATO, 2018) e deve levar levado em consideração no seu aprimoramento.

Segundo Cândido *et al.* (2015), o MESMIS (Marco para Evaluación de Sistemas de Manejo de Recursos Naturales Incorporando Indicadores de Sustentabilidad) foi criado em 1995 pelo Grupo Interdisciplinar de Tecnologia Rural Apropriada (GIRA) do México. O método busca “de forma cíclica, participativa e multiescalar (...) identificar alterações antrópicas sobre um sistema com base em padrões de sustentabilidade” (CÂNDIDO *et al.*, 2015, p. 107). É aplicável a “sistemas de produção agrícola, florestal e/ou pecuária, e procura apontar de forma holística, os limites e possibilidades de sustentabilidade do sistema sob as perspectivas econômica, social (incluindo cultural e política) e ambiental” (op. cit, p. 107).

Cândido *et al.* (2015) definem a constituição do sistema num ciclo de avaliações composto por seis passos: 1. caracterização do sistema, identificando os aspectos de manejo e contexto socioeconômico e ambiental; 2. análise dos pontos críticos do agroecossistema a fim de identificar fatores limitantes e favoráveis à sustentabilidade; 3. determinação de critérios de diagnóstico, os quais definirão os indicadores; 4. medição e monitoramento dos indicadores ao longo do tempo; 5. integração e apresentação dos resultados; 6. análise crítica do sistema, a

partir das quais serão geradas as conclusões e recomendações em prol da sustentabilidade do sistema de manejo. Este último passo fecha o ciclo, ao tempo que inicia outro, ao começar nova avaliação do sistema (CÂNDIDO *et al.*, 2015)

O MESMIS foi empregado em estudos México, Argentina, Bolívia, Brasil e Peru, sobretudo em sistemas de base familiar pautados em manejo ecológico dos agroecossistemas (CÂNDIDO *et al.*, 2015; VERONA, 2008).

Cândido *et al.* (2015) lembram Speelman *et al.* (2007), que realizaram uma análise do MESMIS considerando 28 estudos de caso com o propósito de identificar seus pontos fortes e limitações. Dois desses estudos foram realizados no Brasil. Estes dois utilizaram o MESMIS para comparar sistemas convencionais e agroecológicos: 1. sistemas agrosilvopastoris no Semi-árido da Paraíba; 2. sistemas agroflorestais na região sul.

Nesses 28 estudos, foram analisados cultivos de milho, café, tabaco, algodão, trigo e hortaliças. Os sistemas de manejo dividiram-se em agrícolas, agropecuários, agroflorestais e agrosilvopastoris, cujo destino na produção dividiu-se em: subsistência (54%); comércio (32%); subsistência e comércio (14%). Tais estudos confrontaram agroecossistemas em termos de: 1. tipo de produção, considerando a) convencional *versus* agroecológico; b) convencional *versus* orgânico; c) tradicional *versus* comercial; 2. práticas de conservação de solo: tradicionais *versus* melhoradas; 3. escala de produção: pequena *versus* média; 4. sistema de irrigação: moderna *versus* tradicional; 5. relação com a terra: a) concessão *versus* comunal; b) arrendamento *versus* própria.

3.4.5 O APOIA - Novo Rural

O APOIA – Novo Rural - Sistema de Avaliação Ponderada de Impacto Ambiental de Atividades do *Novo Rural* (RODRIGUES; CAMPANHOLA, 2003) foi desenvolvido pela Embrapa Meio Ambiente (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária) (EMBRAPA, 2019), com o objetivo de promover a agricultura sustentável e as avaliações ambientais. Ele surgiu da necessidade de um método para avaliar as alterações socioeconômicas e ambientais em curso no contexto do Novo Rural que atendesse à grande variedade de atividades agrícolas e não-agrícolas desenvolvidas em diferentes condições ambientais. Na época, não havia tal método, o que resultou no desenvolvimento do APOIA – Novo Rural (RODRIGUES; CAMPANHOLA, 2003, p. 445-446). Um dos seus objetivos estratégicos é introduzir conceitos de agricultura sustentável em todas as etapas de Pesquisa e Desenvolvimento (CUVILLIER, 2006).

Por sua vez, o APOIA – Novo Rural e o Ambitec-Agro auxiliaram na análise do cumprimento da MFA pelo Grupo de Extensão de São Pedro/SP junto ao mesmo grupo de

agricultores (TRIVELLATO, 2018). E, sobretudo, o APOIA – Novo Rural foi útil na análise de estabelecimentos de alto nível de desenvolvimento sustentável - supõe-se alto grau de cumprimento da MFA - como a fazenda Nata da Serra (RODRIGUES; RODRIGUES; DONATTI, 2010) e a agroindústria brasileira Korin Agropecuária Ltda (DEMATTE FILHO, 2014).

No sistema APOIA - Novo Rural, o indicador é uma função de valor, relacionada com a performance ambiental da atividade numa escala de utilidade que varia de 0 a 1 (BISSET, 1987; DEE *et al.*, 1973; CANTER; HILL, 1979; ANDREOLI; TELLARINI, 2000; GIRARDIN; BOCKSTALLER; WERF, 2000). A composição das curvas de correspondência entre os indicadores e a performance ambiental é definida em valores de utilidade, baseando-se em testes de sensibilidade e de probabilidade, para cada indicador (GIRARDIN; BOCKSTALLER; WERF, 1999). Nesses testes, determinam-se o significado e a importância da alteração causada pela atividade, conforme o objetivo do sistema de avaliação. O significado aponta se uma alteração é aceitável ou não (positiva ou negativa). A importância indica em que medida a alteração contribui (ou prejudica) o alcance do objetivo (ERICKSON, 1994).

A fazenda Nata da Serra (Serra Negra/SP) é uma propriedade modelo, segundo critérios da EMBRAPA (RODRIGUES; RODRIGUES; DONATTI, 2010), pois alcançou um índice integrado de sustentabilidade no APOIA - Novo Rural de 0,89 (em uma escala de 0 a 1,0 com a linha de base modelada em 0,70). A avaliação da Korin Agropecuária Ltda utilizando o APOIA foi apresentada na Tese de Doutorado de Demattê Filho (2014), premiada pela CAPES como melhor tese no ano de 2015 na área de Ciências Ambientais (CAPES, 2019). A Korin obteve índice integrado de sustentabilidade de 0,87. Segundo o autor, este desempenho justifica-se pelo seu histórico de mais de 20 anos de práticas relacionadas à Agricultura Natural.

Para Rodrigues (2008), agricultura sustentável refere-se ao manejo dos ecossistemas agrícolas de modo a manter e ampliar sua 1. produtividade; 2. qualidade do ambiente (ar, água e solo); 3. diversidade biológica e da paisagem; 4. qualidade de vida das pessoas envolvidas, hoje e no futuro. Preservando em todos esses pontos as funções ecológicas, econômicas e sociais do meio rural. Segundo o autor, simplicidade dessa definição contrasta com a dificuldade de se definir um objetivo prático e um sistema para sua execução e avaliação, de modo a viabilizar a formulação de políticas. Ele apresenta que, geralmente, a redução da degradação ambiental depende está relacionada, de certo modo, à melhoria da renda dos produtores, sua tomada de consciência e sedimentação de conhecimentos em relação ao valor dos recursos ambientais.

O termo “Novo Rural” surge da verificação, em diversas áreas rurais do Brasil, da redução do número de pessoas dedicadas a atividades agrícolas tradicionais e aumento da ocupação em atividades alternativas não-agrícolas (CAMPANHOLA; SILVA, 2000). Isso acarreta alterações socioeconômicas e ambientais, muitas vezes, ameaçando um desenvolvimento local sustentável. Para Rodrigues e Campanhola (2003), métodos de avaliação do impacto ambiental (AIA) tornam-se necessários para planejar essas mudanças e acessar produtores rurais e tomadores de decisão, pois constituem mecanismos estruturados para identificação, coleção e organização de dados sobre impactos ambientais (ERICKSON, 1994). Estes impactos tratam de “qualquer alteração nas características físicas, químicas ou biológicas do ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia derivada das atividades humanas, e que possa direta ou indiretamente afetar: a saúde, segurança e o bem-estar da população, as atividades econômicas e sociais; a biota; as condições estéticas e sanitárias; e a qualidade dos recursos naturais” (SÃO PAULO, 1992).

O procedimento geral para AIA de uma atividade consiste em: 1) identificação dos limites espaço-temporais da atividade, aplicação do questionário/vistoria no campo, coleta de dados e amostras para análise laboratorial; 2) inserção dos dados nas matrizes de avaliação, obtenção dos índices de impacto referentes aos indicadores e conversão para valores de utilidade; 3) agregação dos índices de impacto por análise multiatributo, em todas as dimensões componentes. Desse modo, obtém-se um índice geral da contribuição da atividade para a sustentabilidade do estabelecimento rural; 4) análise dos resultados gráficos e identificação dos indicadores que mais restringem a sustentabilidade, averiguação da desconformidade com o benchmark; 5) indicação de medidas corretivas, recomendação de adequação tecnológica e de manejo para abatimento dos impactos ambientais negativos (RODRIGUES; CAMPANHOLA, 2003, p. 449-450).

O APOIA passou por uma validação preliminar em estabelecimentos selecionados, de várias escalas, dedicados a atividades de horticultura orgânica diversificada, horticultura convencional especializada (tomate), produção orgânica integrada de hortaliças e leite, hidroponia e agroturismo (incluindo pesque-pagues). A partir desta fase de validação, os indicadores foram incluídos e ajustados, e o sistema concluído para aplicação experimental no campo. (RODRIGUES; CAMPANHOLA, 2003, p. 450). O sistema possui 62 indicadores alocados em cinco dimensões: 1. ecologia da paisagem; 2. qualidade dos compartimentos ambientais; 3. valores socioculturais; 4. valores econômicos; 5. gestão e administração (RODRIGUES; CAMPANHOLA, 2003, p. 446-447).

Os indicadores foram selecionados, compostos e organizados de forma a cobrir a gama possível de efeitos ambientais diretamente definidos como impactos e de forma a serem aplicados em sua totalidade a qualquer

atividade agropecuária. Os dados para AIA referem-se à alteração causada nos indicadores em consequência da efetiva implantação da atividade, nas condições específicas do estabelecimento rural avaliado (RODRIGUES; CAMPANHOLA, 2003, p. 447).

A tarefa do avaliador consiste em preencher a matriz com as informações obtidas com o responsável pela propriedade rural. Os dados compõem-se de unidades quantitativas contínuas, como: porcentagem da área ou do tempo de ocorrência, número de pessoas, hectares ou horas semanais. Grande parte das informações são de conhecimento tácito do proprietário ou responsável. Outros indicadores requerem avaliação sensorial (não simplesmente percepção individual) do responsável, baseando-se em atributos dos indicadores. O avaliador responsável pela aplicação do questionário deve estar treinado para realizar as entrevistas, de modo a eliminar a subjetividade na coleta das informações sobre as transformações ocorridas após a introdução da nova atividade. O estabelecimento critérios para cada um dos indicadores e seus subcomponentes reduz a subjetividade do entrevistador. Esse critérios fazem parte do manual orientador para a aplicação do método (RODRIGUES; CAMPANHOLA, 2003, p. 447-448).

O sistema consiste em matrizes de ponderação. Elas são construídas em plataforma MS-Excel, onde os indicadores e seus atributos são automaticamente ponderados e é gerado um gráfico representando o índice de impacto resultante. Este índice de impacto do indicador é transformado por uma função de valor. Esta o relaciona com a performance ambiental da atividade numa escala de utilidade (BISSET, 1987) que varia de 0 a 1. Esta mesma lógica foi utilizada por Dee *et al.* (1973), Canter e Hill (1979), Andreoli e Tellarini (2000) e Girardin *et al.* (2000).

Vinte e quatro dos 62 indicadores são expressos em duas medidas. Considera-se um índice de impacto para o indicador e outro para a variação induzida pela atividade agropecuária (a variação pode ser porcentual, proporcional ou relativa). A composição das curvas de correspondência entre os indicadores e a performance ambiental é definida em valores de utilidade. Essa construção se baseou em testes de sensibilidade e de probabilidade, para cada indicador (GIRARDIN *et al.*, 1999). Nesses testes determinam-se o significado e a importância da alteração causada pela atividade, levando em consideração o objetivo do sistema de avaliação. O significado aponta se uma alteração é aceitável ou não (positiva ou negativa). A importância indica em que medida a alteração contribui (ou prejudica) o alcance do objetivo.

Cada indicador possui uma matriz que apresenta os atributos do indicador, sendo eles: os fatores de ponderação k_1 e k_2 , que representam, respectivamente, o peso de cada fator de causa e dano na composição do indicador (RODRIGUES; CAMPANHOLA, 2003, p. 449). Um

exemplo, é o indicador para redução do risco de incêndio. No estudo, após a implantação da nova atividade, houve redução do risco de incêndio devido à: 1. adoção de medidas preventivas no pasto plantado, que representa 22% da área de risco de incêndio do estabelecimento; 2. Eliminação de queimandas no pasto natural (20% da área com risco de incêndio); 3. Abertura de aceiros na área de culturas (18% da área com risco de incêndio).

Cada matriz possui uma coluna de averiguação. Ela revela erros de cálculo, uma vez que a soma deve ser sempre igual a 100% (total da área com risco de incêndio). O símbolo no eixo das abscissas do gráfico aponta o valor calculado para o índice de incêndio (varia de -100 a 100). À direita aparece a transformação desse índice para valor de utilidade (varia de 0 a 1). O resultado obtido ($U-IRInc = 0,94$) revela a eficácia das medidas de controle do fogo, introduzidas no estabelecimento após a implantação da nova atividade.¹⁰

O APOIA-NovoRural foi usado numa série de avaliações de sustentabilidade de estabelecimentos rurais representativos de cadeias de produção específicas. Conforme Rodrigues *et al.* (2010; 2009a), 177 estabelecimentos rurais tinham sido estudados até a época.

Foram realizadas avaliações em propriedades familiares de subsistência 2 a 5 ha; fazendas familiares de tamanho médio (aproximadamente 100 ha); fazendas comerciais de diferentes escalas (600 a 3000 ha) e tecnologicamente avançadas.

As avaliações abarcaram setores tipicamente agrícolas, como horticultura, produção de grãos e produção leiteira; e não agrícolas, como o agro-turismo, pesca, carcinicultura e pesca de mexilhão/caranguejo artesanal.

Foram realizadas em diferentes arranjos sociais, incluindo comunidades tradicionais (e grupos indígenas); agricultores de reforma agrária e cooperativas de produção local.

O APOIA-NovoRural - requerindo pequenas adaptações e calibrações - foi aplicado em contextos de diferentes condições ambientais, socioeconômicas e físico-químicas: da Amazônia equatorial ao temperado pampas.

Cada avaliação nessas regiões resultou em projetos ambientais individuais que foram entregues aos agricultores envolvidos. Os projetos continham recomendações de práticas de gestão, tecnologias melhoradas e ações propostas para melhorar o índice integrado de sustentabilidade das fazendas. (RODRIGUES *et al.*, 2010).

Um dos mais importantes exemplos foi a sua adaptação para o desenvolvimento de um instrumento nacional de política pública no Proyecto Producción Responsable da República do

¹⁰ Detalhes das dimensões e indicadores de impacto ambiental do sistema APOIA-NovoRural e unidades de medida utilizadas para caracterização em levantamentos de campo e laboratório estão descritas em Rodrigues e Campanhola (2003, p. 448).

Uruguai. A partir do APOIA, foi criado o sistema Evaluación de Impacto Ambiental Rural (EIAR-Uruguay). Foi desenvolvido por 18 técnicos de oito instituições uruguaias, dedicadas às diferentes áreas relacionadas aos indicadores de sustentabilidade. Contou com estudo de validação em campo, voltada para os setores de pecuária extensiva e horticultura (RODRIGUES *et al.*, 2010; CUVILLIER, 2006).¹¹

Rodrigues *et al.* (2010) dão destaques a alguns resultados da análise dos 177 estudos de caso: 1. maior qualidade de vida foi observada nas condições climáticas do Uruguai, onde o risco de incêndio é menor (RODRIGUES; MOREIRA-VIÑAS, 2007a, 2007b), seguido dos estabelecimentos rurais que possuem áreas vizinhas de proteção ambiental (RODRIGUES *et al.*, 2008c; LINO *et al.*, 2009); 2. impactos das emissões foram mais importantes na horticultura, onde foi observado o maior uso de insumos (incluindo esterco) (RODRIGUES *et al.*, 2006b); no agro-turismo, onde o uso de energia era mais alto (incluindo lenha) (RODRIGUES *et al.*, 2006a); e na pesca devido a utilização de máquinas para arejar lagoas; 3. qualidade do solo (forte relação com a fertilidade no conjunto de indicadores) foi mais alta na horticultura (orgânica ou convencional).

Neste ponto, faz-se uma observação no estudo de caso de agricultura de precisão (qualidade média do solo índice = 0,66) devido a um viés nos dados. Isto porque o estudo comparou manejo da fertilidade ventricular (índice de qualidade do solo = 0,56) e ciclo completo manejo agrícola de precisão (índice de qualidade do solo = 0,76), mostrando um resultado tão bom quanto a horticultura, embora a fazenda estivesse em região de solos especialmente pobres, no cerrado região central brasileira (RODRIGUES *et al.*, 2010).

O quarto destaque foi dado aos 4. altos registros socioculturais na agricultura de precisão; no cultivo de avestruzes (RODRIGUES *et al.*, 2010; RODRIGUES *et al.*, 2007a; 2008a) e; nos estudos de caso de produção integrada de frutas (não significativo em função dos maiores desvios nos dados). Sobre este ponto, este resultado deve-se à: 1. condições de emprego adequadas; segurança alimentar; acesso à educação e serviços básicos. No caso desses estabelecimentos, estas condições foram alcançadas em função do alcance de bons valores econômicos. Por sua vez, horticultura convencional e pesca tiveram baixos desempenhos nesta dimensão em decorrência: 1. fator “saúde ocupacional” (leva em consideração a exposição a

¹¹ Detalhes da distribuição geográfica dos projetos de investigação e desenvolvimento realizados com o sistema APOIA-NovoRural em Rodrigues *et al.* (2010, p. 234).

Resultados da avaliação de sustentabilidade para 177 estudos de caso realizados em diferentes sistemas de produção agrícola/territórios; significância dos contrastes sobre os valores médios para dimensões de avaliação, e; distribuição dos índices de impacto para as dimensões de avaliação e índices de Sustentabilidade associados em Rodrigues *et al.* (2010, p. 235-236).

produtos químicos); 2. fator “oportunidade local de emprego qualificado” na horticultura e fator “formalidade de emprego” na pesca (RODRIGUES *et al.*, 2010).

Para Rodrigues e Campanhola (2003), a agregação de resultados nos gráficos gerados pelo sistema APOIA-NovoRural fornece aos tomadores de decisão uma visão das contribuições, positivas ou negativas, da atividade para o desenvolvimento local sustentável, o que facilita a definição de medidas de promoção ou controle da atividade.

O Índice de Impacto Ambiental representa uma unidade padrão de performance ambiental da atividade, sendo útil na qualificação e certificação de atividades agropecuárias e não-agropecuárias do Novo Rural. Sua aplicação em estabelecimentos que desenvolvem horticultura orgânica, horticultura convencional, agroturismo e pesque-pagues, o método atingiu seus objetivos, e avaliando todas as atividades e sendo sensível às transformações introduzidas. O sistema é prático e viável, pois, mesmo em situações mais complexas, o tempo necessário para aplicação do questionário foi de duas horas. O método foi adequado para comparar tanto estabelecimentos de horticultura orgânica como convencional. (RODRIGUES; CAMPANHOLA, 2003).

Um dos requisitos mais importantes para sua eficácia é a coleta de informações confiáveis quanto à situação anterior e posterior à implantação da atividade. A grande vantagem do método APOIA-NovoRural em relação aos métodos disponíveis é agregar componentes de diferentes naturezas, compondo índices parciais de impacto ambiental para cada dimensão – ecológica, sociocultural, econômica e de gestão, e um índice agregado de avaliação de impacto ambiental. (*op. cit.*)

Para Cuvillier (2006), existem outros métodos que permitem agregar componentes de naturezas diferentes e apresentá-los sob uma forma agregada e sintética, principalmente o IDEA. Para Cuvillier, dificilmente todo produtor rural possui computador e tampouco habilidade para utilizar a plataforma Excel para realizar a avaliação por conta própria. Ela sugere ferramentas que não necessitem de computador. Caso contrário, serão aplicadas somente pelos pesquisadores e técnicos da extensão rural, o que irá depender da colaboração dos próprios produtores.

Ela salienta também o extenso número de indicadores. Tratam-se de 64, podendo chegar a 86 indicadores, no caso de analisar as alterações causadas pela atividade. Outro problema apontado é o nível de detalhe, que dificulta a aquisição de dados. Ela sugere que o método poderia prever aproximações para o caso de dificuldade na obtenção de dados. Para ela, o sistema utiliza fórmulas complexas. Ela critica a expressão dos indicadores em valor de utilidade (valor máximo = 1). Segundo ela, esse valor não expressa diretamente quais práticas

deveriam ser empregadas para alcançar um nível satisfatório de sustentabilidade ambiental. (CUVILLIER, 2006, p. 79-80)

3.4.6 O Ambitec-Agro

O Sistema de Avaliação de Impactos de Inovações Tecnológicas Agropecuárias (Ambitec-Agro) (RODRIGUES *et al.*, 2019) consiste em “módulos integrados de indicadores ambientais para os setores produtivos rurais da agricultura, da produção animal e da agroindústria” (RODRIGUES *et al.*, 2019, p. 317). Compõem-se de um “conjunto de matrizes de ponderação multicritério, construídas para 148 indicadores, integrados em 27 critérios” (*op. cit.*, p. 317). Tais critérios são distribuídos em sete aspectos (ou dimensões), que correspondem aos impactos no desempenho ambiental (dos estabelecimentos rurais) causados pela adoção de nova tecnológica ou atividade, conforme Figura 8. Tratam-se dos impactos ecológicos: 1. Eficiência tecnológica e 2. Qualidade ambiental. E dos impactos socioambientais: 3. Respeito ao Consumidor; 4. Emprego; 5. Renda; 6. Saúde e 7. Gestão e administração.¹²

Estes impactos ecológicos ou socioambientais configuram os sete aspectos (ou dimensões do Ambitec-Agro.¹³

No documento “Avaliação de impactos ambientais de sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta conforme contexto de adoção”, Rodrigues *et al.* (2019) trazem os resultados da aplicação do Ambitec-Agro em sessis contextos de Unidades de Referência Tecnológica (URT). Uma vez que o Abitec-Agro aplica-se a um contexto de avaliação de um estabaelecimento rural que passou pela adoção de nova tecnologia ou incorporou nova prática produtiva, notar a coluna “contexto da adoção”, que justifica o emprego do índice.

Rodrigues *et al.* (2019) explicam o procedimento de utilização do Ambitec-Agro, apontando que, a partir de “observações de campo e levantamento de dados históricos” relativos à gestão do estabelecimento, “o usuário do sistema e o produtor responsável indicam (...) os coeficientes de alteração dos indicadores” (Rodrigues *et al.*, 2019, p. 320).

¹² Detalhes dos 180 estudos de caso realizados com o sistema Ambitec-Agro 550 em Rodrigues, Buschinelli e Avila (2010) e Rodrigues (2015) e Rodrigues *et al.* (2019, p. 337).

¹³ Detalhes do diagrama com as dimensões e critérios considerados em verificação de campo para a avaliação de desempenho ambiental de inovações tecnológicas e atividades rurais com o sistema Ambitec-Agro, e; caracterização técnico-gerencial das Unidades de Referência Tecnológica (URTs) selecionadas para avaliação de impactos conforme contexto de adoção da integração Lavoura-Pecuária-Floresta nas regiões de realização do Projeto de Transferência Tecnológica em ILPF disponíveis em Rodrigues *et al.* (2019, p. 318-319).

Quanto à construção do índice, explicam que “as matrizes de ponderação do sistema Ambitec-Agro” possuem fatores de ponderação considerando: 1. a importância dos indicadores nos critérios de impacto e; 2. a “escala da ocorrência dos efeitos observados em campo, desde as áreas cultivadas até o entorno dos estabelecimentos rurais” (Rodrigues *et al.*, 2019, p. 320).

O procedimento de avaliação Ambitec-Agro consiste em verificar a direção (aumenta, diminui, ou permanece inalterado) e a escala de ocorrência (pontual, local ou entorno) dos coeficientes de alteração dos indicadores para cada critério, atribuídos em razão específica da adoção da ILPF, nas condições de manejo observadas em campo. Os resultados finais das avaliações de impacto são apresentados graficamente e expressos em escala de atribuição multicritério entre ± 15 . Assim, um estudo de avaliação de impactos com o método Ambitec-Agro se desenvolve em três etapas, quais sejam: 1) definição do contexto de adoção da nova tecnologia ou atividade rural e delimitação geográfica e temporal da adoção e dos usuários, para seleção e contextualização da amostra; 2) vistoria de campo / levantamento de dados junto ao produtor responsável, análise dos indicadores e preenchimento das matrizes de ponderação; e 3) avaliação dos índices de desempenho obtidos, interpretação e formulação de relatório individual ao produtor, com proposição de práticas alternativas de manejo e adoção tecnológica, visando minimizar impactos negativos e promover impactos positivos. (Rodrigues *et al.*, 2019, p. 320).

Quanto ao uso da escala adotada no Ambitec-Agro,

A escala adimensional e tipicamente artificial (± 15) empregada nos procedimentos de ponderação do sistema Ambitec-Agro visa enfatizar o viés absolutamente relativo das avaliações de impactos propostas pela abordagem metodológica, cada qual singular em alcance e identidade, invariavelmente submetida a situações de adoção e contextos socioambientais os mais diversos e não passíveis de comparações ordinárias. O objetivo da realização de tais análises é permitir que se possa elaborar, com base nos impactos socioambientais verificados, recomendações de práticas de manejo e tecnologias que favoreçam a gestão ambiental dos estabelecimentos rurais estudados (Rodrigues *et al.*, 2013) (Rodrigues *et al.*, 2019, p. 335).

Quanto a diferentes índices de desempenho alcançados nas URTs, Rodrigues *et al.* (2019) lembra que se devem a particularidades dos contextos de adoção observados. Logo, não se tratam de limitações ou potencialidades decorrentes do processo de intensificação e integração produtiva. Trazem como exemplo disso os casos 3 e 5, ambos referentes à gestão familiar.

O Caso 3 (URT de Pium, TO) apresentou baixo desempenho em relação às URTs estudadas em função de: 1. possuir área de adoção menor em relação às demais URTs estudadas; 2. dedicar-se prioritariamente à reforma e recuperação de pastagens via implantação de lavouras, gerando maiores excedentes em relação às demais URTs; 2. ter sido analisada num

período em menor transcorrido desde a adoção das novas práticas de manejo (RODRIGUES *et al.*, 2019).

Por outro lado, o Caso 5 (URT de Boa Vista das Missões, RS) apresentou elevado índice de desempenho pois: 1. trabalha prioritariamente com integração produtiva e intensificação do uso da terra, realizando a) rotação anual soja/milho/trigo duplo propósito e forrageiras associadas e; b) pecuária intensiva a pasto e suplementação de inverno; 2. foi analisada em período mais longo transcorrido desde a adoção das novas práticas de manejo (RODRIGUES *et al.*, 2019).

Outro exemplo de análise de desempenho trazido por Rodrigues *et al.* (2019) trata dos casos 2 (de Paragominas, PA) e 6 (Nova Canaã do Norte, MT). Ambas com gestão empresarial tiveram os índices de desempenho mais altos. O alto desempenho deveu-se: 1. à grande capacidade de investimento; 2. à implantação de elevados níveis de intensificação e integração produtiva; 3. à capacidade de verticalização, encadeamento da produção e aproveitamento de subprodutos (como intensificação da pecuária em confinamento, por exemplo) e; 4. ao maior período transcorridos desde a adoção das novas práticas de manejo (RODRIGUES *et al.*, 2019).

O emprego deste índice estava atrelado ao objetivo do estudo – assim como se espera que seja realizada a escolha dos índices de sustentabilidade ambiental (MARZALL; ALMEIDA, 2000; MARZALL, 1999). A partir da utilização do Ambitec-Agro, o estudo concluiu que

a ILPF representa tecnologia de intensificação produtiva recomendada para os mais diferentes tipos de estabelecimentos rurais, nas mais variadas condições ambientais, de disponibilidade de recursos naturais, capacidades de investimento, nível de tecnificação e escala de produção. Assim, com esses resultados atesta-se as importantes contribuições da ILPF para o desenvolvimento local sustentável, ao favorecer a diversificação agropecuária com conservação ambiental em situações nas quais a intensificação produtiva se faz tão importante, como mecanismo para melhor aproveitar a base de recursos naturais, frente a restrições climáticas que reduzem a disponibilidade sazonal de forragem e a produtividade agropecuária. (Rodrigues *et al.*, 2019, p. 336).

3.4.7 O IDEA

O método *Indicateurs de Durabilité des Exploitations Agricoles* (IDEA) (Indicadores de Desenvolvimento Sustentável das Explorações Agrícolas, em português) foi criado a pedido da Direção Geral de Educação e Pesquisa do Ministério da Agricultura Francês (*Direction*

Générale de l'Enseignement et de la Recherche du Ministère de l'agriculture -DGER), que, desde 1996, buscava avaliar e diagnosticar a sustentabilidade nos sistemas agrícolas. Passou a ser divulgado a partir de 2000, após dois anos de testes no campo. (VILAIN, 2003) e seus indicadores foram testados em robustez, sensibilidade e relevância obtendo ao longo do período de 2003 a 2008 sucessivas melhorias na sua formulação e ponderação (MAIOR *et al.*, 2012; CÂNDIDO *et al.*, 2015). Baseia-se em 17 objetivos da sustentabilidade: 1. Coerência; 2. Atonomia 3. Proteção e gestão da biodiversidade; 4. Proteção das paisagens; 5. Proteção do solo; 6. Proteção e gestão da água; 7. Proteção da atmosfera; 8. Gestão econômica dos recursos naturais não-renováveis; 9. Bem-estar animal; 10. Qualidade dos produtos; 11. Ética; 12. Desenvolvimento humano; 13. Desenvolvimento local; 14. Qualidade de vida; 15. Cidadania; 16. Adaptabilidade; 17. Emprego. (VILAIN, 2008).¹⁴

O objetivo “coerência” expressa a eficiência daquele sistema em algum dos 42 indicadores. Cuvillier (2006, p 83) esclarece que a coerência técnica aponta que o conjunto de práticas agrícolas adotadas no sistema avaliado tem efeitos superiores à soma dos efeitos de cada prática individualmente. Cuvillier exemplifica que a coerência cidadã revelaria comportamentos sócio-econômicos que reforçam o desenvolvimento agrícola e rural durável. Para Vilain *et al.* (2004), sistemas intensivos poderiam apresentar valores mais altos para coerência técnica, enquanto os sistemas de produção agrícolas sustentáveis teriam valores maiores de coerência cidadã.

Vilain prega que a agricultura sustentável decorre da “sintonia” das três grandes funções da agricultura: a) produção de bens e serviços (função econômica); b) gestão do meio ambiente (função ecológica); d) tornar o agricultor um ator do mundo rural (função social). Nesse sentido, os 17 objetivos do IDEA estão agrupados dentro de três escalas: 1. sustentabilidade econômica, avalia orientações técnicas e financeiras do sistema de produção, diagnosticando resultados econômicos; 2. sustentabilidade agroecológica, avalia a viabilidade técnico-econômica do sistema em termos ambientais; 3. sustentabilidade sócio-territorial, caracteriza a inserção do sistema produtivo no território e na sociedade.

Embora a divisão seja feita em termos de objetivos, Vilain (2003) aponta que muitos objetivos cobrem várias dimensões, já que um mesmo indicador pode participar da melhoria de vários componentes da sustentabilidade. (CUVILLIER, 2006, p. 81-82) Isto é o que Marzall e

¹⁴ Detalhes da matriz de indicadores/objetivos da metodologia IDEA em Vilain (2008, p. 32). Exemplo de avaliação de sustentabilidade para quatro fazendas de um grupo de produtores de cereais em *Aunis (Charente-Maritime)* em Vilain (2008, p. 39).

Almeida (2000) chamam de interações entre indicadores de mesma dimensão ou dimensões diferentes. Embutimos em nosso sistema de avaliação ponderada da MFA a questão de indicadores favorecendo dimensões diferentes. Lembramos que o objetivo "sustentabilidade sócio-territorial" se assemelha à função da agricultura "Reprodução socioeconômica das famílias rurais e da sociedade", apontada por Carneiro e Maluf (2003).

O IDEA possui 42 indicadores alocados em 10 componentes: 1. Diversidade; 2. Organização do espaço; 3. Práticas agrícolas; 4. Qualidade dos produtos e dos territórios; 5. Emprego e serviços; 6. Ética e desenvolvimento humano; 7. Viabilidade econômica; 8. Independência; 9. Transmissibilidade; 10. Eficiência. Cada um dos 42 indicadores é avaliado em cada um dos 17 objetivos do sistema. É interessante que, segundo Vilain (2008), o sistema caracteriza-se pela combinação dos indicadores, sendo que estes não podem ser interpretados de forma isolada. Isto está de acordo com o que pregam Marzall e Almeida (2000), considerando a importância de uma interpretação sistêmica dos resultados apontados pelos indicadores.

Os componentes 1 a 3 pertencem à escala "sustentabilidade agroecológica", compondo 18 indicadores, avaliando, por meio de princípios agronômicos da agricultura integrada, a eficiência econômica, mas com custo ambiental compatível. Os componentes 4 a 6 pertencem à escala "sustentabilidade sócio-territorial", com 18 indicadores, apontando a qualidade de vida dos agricultores nos âmbitos pessoal e profissional. Os componentes 7 a 10 pertencem à escala "sustentabilidade econômica", composta por 6 indicadores, avaliando a capacidade de um sistema para se desenvolver do ponto de vista econômico e financeiro. (MAIOR *et al.*, 2012).

Cada componente é valorado em "unidades de sustentabilidade". Cada um dos componentes varia entre valores máximos de 20 a 34 unidades. Por exemplo, o componente "Organização do espaço" possui 7 indicadores e pode obter valor máximo de 34 unidades. O componente "Transmissibilidade" possui 1 indicador e pode obter valor máximo de 20 unidades. Cada uma das três escalas pode atingir valor máximo de 100 unidades de sustentabilidade.¹⁵

Os autores não uniformizaram os valores entre componentes e escalas. A avaliação por meio de gráfico radial compara o desempenho de cada componente da propriedade estudada

¹⁵ Detalhes das três escalas que compõem o IDEA, com os respectivos componentes, unidades de sustentabilidade e indicadores em Cuvillier (2006, p. 85-86). Detalhes dos 10 componentes, nas 3 dimensões, com respectiva contribuição (ou "unidades de sustentabilidade") e quantidade de indicadores em Maior *et al.* (2012).

com os valores obtidos para cada componente por um padrão (regional, por exemplo). Isto torna a utilização do IDEA eficiente mesmo que não haja uniformidade entre os valores dos componentes. (CUVILLIER, 2006, p. 85-86; VILAIN, 2003)

Para Cuvillier (2006), as vantagens do IDEA estão em: 1. Número de indicadores viabiliza o levantamento de dados; 2. Simplicidade dos cálculos permite que o IDEA seja aplicado pelo próprio agricultor; 3. O método pode ser usado para comparar a propriedade com outra de desempenho modelo ou compará-la com ela mesma numa escala temporal em termos de a evolução da sustentabilidade. Esse aspecto, particularmente, torna o IDEA muito apropriado para o desenvolvimento do sistema de avaliação ponderada da MFA. Um dos nossos objetivos é esse sistema permita uma avaliação da evolução temporal da MFA na propriedade. (TRIVELLATO, 2018, p. 68)

Por outro lado, em 2004, numa avaliação da produção agropecuária francesa, por grandes sistemas produtivos e por regiões, 15 dos 41 indicadores não puderam ser calculados a partir dos dados disponíveis em escala nacional (VILAIN *et al.*, 2004) Embora Cuvillier (2006, p. 87-88) aponte sejam "somente 15 dos 41", consideramos este número alto: trata-se de mais de 25%. Cuvillier discute, em seguida, indicadores que não são aplicáveis a qualquer sistema de produção: 1. os indicadores A4 e A11 ("diversidade animal" e "carga animal") não tem utilidade em sistemas onde não há produção animal; 2. o indicador econômico C4, que avalia sensibilidade aos subsídios, é aplicável à realidade francesa, mas não brasileira, onde os produtores não recebem ajudas diretas do governo.

Notam-se três divergências entre o trabalho de Cuvillier (2006) e Maior *et al.* (2012): 1. quanto ao número de indicadores (Cuvillier fala em 41 e Maior, Cândido, Nobrega e Figueiredo falam em 42); 2. Quanto ao número de objetivos (Cuvillier fala em 16 e Maior, Cândido, Nobrega e Figueiredo falam em 17); 3. Quanto aos termos usados para valoração dos indicadores (para Cuvillier, "unidades de sustentabilidade" e Maior, Cândido, Nobrega e Figueiredo, "contribuições" - em porcentagem). A razão é que o trabalho de Cuvillier utiliza o método proposto por Vilain em 2003, enquanto Maior, Cândido, Nobrega e Figueiredo utilizam o de 2008, que sofreu aprimoramentos ao longo de 2003 a 2008. Outro trabalho, o de Zahm *et al.* (2005), utilizou o método proposto por Vilain em 2003, e fala em 41 indicadores e 16 objetivos. De todo modo, ambos os trabalhos foram úteis para apresentar os principais pontos do método. E, sobretudo, o trabalho de Cuvillier contribui com as análises críticas sobre

vantagens e desvantagens de 9 diferentes indicadores de sustentabilidade aplicados à realidade agrícola.

O método elaborado por Moacir Darolt (2001) para avaliar agricultura orgânica possui cinco dimensões, que representariam as cinco dimensões da sustentabilidade: Sócio-cultural; Técnico-agronômica; Econômica; Ecológica; Político-institucional. Para Cuvillier (2006, p. 88), o IDEA não é capaz de considerar de modo eficaz as dimensões Técnico-agronômica e Político-institucional. A autora aponta que as questões técnicas podem ser contempladas na dimensão agroecológica, e os aspectos políticos, na dimensão econômica. (CUVILLIER, 2006, p. 88) Discordamos disso e consideramos uma fragilidade do sistema. Acreditamos que, se aspectos apontados por indicadores podem estar contemplados em outros indicadores, isto deve estar explícito no método. Buscamos fazer isso ao incluir dentro de uma dimensão, uma outra dimensão como indicador, apontando essas interações, como apontam Marzall e Almeida (2000).

Cuvillier (2006) aplicou o método IDEA num sítio de produção familiar, o "Sítio Feliz", localizado no Estado do Rio de Janeiro, no município de Petrópolis.¹⁶

O IDEA (*Indicateurs de Durabilité des Exploitations Agricoles*) (VILAN, 2003, 2008) foi adaptado por Castro *et al.* (2009b) para compor o “Método de avaliação da sustentabilidade dos estabelecimentos familiares agrícolas do Alto da serra de São Pedro (Estado de São Paulo, Brasil)”. O objetivo consistiu em adaptar o conteúdo do método IDEA à realidade agrícola brasileira, especialmente, as características da comunidade agrícola do Alto da Serra de São Pedro.

A pesquisa foi realizada em janeiro 2008. Quarenta e nove agricultores do Alto da Serra de São Pedro foram entrevistados. Estes questionários, divididos em quatro tópicos: Relação com a terra, Estratégias familiares, Produção e Relação com a sociedade. O método considera dezessete objetivos relativos ao desenvolvimento sustentável da atividade agropecuária são considerados, tal qual o método original. O IDEA utiliza 42 indicadores (VILAIN, 2008). O sistema proposto por Castro *et al.* (2009b) considerou 59 indicadores, divididos em três dimensões e 11 componentes.

A avaliação da sustentabilidade no sistema proposto baseia-se na atribuição de pontos. As pontuações máximas refletem o peso atribuído a cada componente da sustentabilidade. Para

¹⁶ Detalhes do Resultado da aplicação do IDEA ao Sítio Feliz/RJ, nas dimensões Agroecológica (ou Agroambiental), Sócioterritorial e Econômica em Cuvillier (2006, p. 146-147).

que uma dimensão não tivesse maior importância que outra, todas receberam 100 como pontuação máxima. As 11 componentes, dentro de cada dimensão, possuem o mesmo peso.¹⁷

No entanto, os indicadores têm pesos diferentes dentro da mesma componente. Atribui-se um número de pontos ao indicador, em função da sua importância. Por exemplo, na componente “Diversidade” (25 pontos totais), da dimensão agro ecológica, os pontos estão distribuídos pelos indicadores da seguinte forma: A1 Diversidade das culturas anuais e temporárias (7 pontos); A2 Diversidade das culturas perenes (7 pontos); A3 Diversidade animal (7 pontos); A4 Valorização e conservação do patrimônio genético (3 pontos); A5 Diversidade de plantas espontâneas e insetos (1 ponto) (CASTRO *et al.*, 2009b, p. 31).

Para adaptação do IDEA para avaliação da sustentabilidade dos estabelecimentos familiares agrícolas do Alto da serra de São Pedro/SP, Castro *et al.* (2009b) adaptaram indicadores à realidade brasileira, suprimiram e adicionaram outros indicadores. Sobre os indicadores adaptados, trata-se de que alguns critérios de avaliação do método IDEA são específicos à realidade agrícola francesa. Um exemplo é a adaptação do indicador "Gestão das pastagens e das forragens".

Os dois primeiros critérios de avaliação do indicador foram mantidos pois são critérios universais para medir o impacto ecológico das superfícies forrageiras. O terceiro critério foi modificado porque a cana-de-açúcar para ensilagem não é cultivada na França, logo, o IDEA não considera a área de cana-de-açúcar. Dentro deste indicador, foram adicionamos critérios específicos à realidade brasileira: 1. critério sobre o uso de manejo rotativo do pastejo e seu bom cumprimento; 2. presença significativa de arbustos no pasto; 3. a prática da queimada para limpar as pastagens.

Foram atribuídos quatro pontos para avaliação deste indicador em vez dos três pontos do método IDEA, em função do acréscimo de critérios adicionais e devido ao fato de que, em São Pedro, o volumoso constitui a alimentação básica do gado. Os pontos foram distribuídos entre os vários critérios selecionados, considerando se o critério favorecia ou prejudicava a sustentabilidade do local. Por exemplo, o manejo rotativo contribui para aumentar a produtividade dos pastejos e a qualidade das forragens, favorecendo o auto-sustento alimentar do gado e impedindo a degradação das pastagens. A presença de arbustos no pasto contribui para a boa gestão das pastagens. Como nessa região o período de carência de alimento corresponde à época da seca, estas duas práticas agroecológicas melhoram a resistência das pastagens contra a seca, reduzindo o período de carência e aumentando a autonomia do agricultor para a alimentação do gado. Por outro lado, A

¹⁷ Detalhes Atribuição de pontos nas três dimensões e 11 componentes do sistema proposto por Castro *et al.* para avaliação da sustentabilidade dos estabelecimentos familiares agrícolas do Alto da serra de São Pedro/SP em Castro *et al.* (2009b, p. 31)

queimada para limpar as pastagens reduz, a longo prazo, a produtividade das pastagens, degrada os solos e representa um risco para a saúde dos bezerros (CASTRO *et al.*, 2009b, p. 11).

Além disso,

Um exemplo de indicador suprimido foi o "Contribuição ao balanço alimentário mundial e à gestão sustentável dos recursos mundiais". Ele se refere à falta alimentos ricos em proteínas para alimentação do gado na França. Enquanto o nome do indicador faz referência ao equilíbrio alimentar global, ele avalia somente o equilíbrio para alimentação animal. Castro *et al.* Optaram por suprimir o indicador, em vez de adaptá-lo devido à dificuldade de encontrar critérios alternativos para medir a contribuição ao equilíbrio alimentar de forma geral (CASTRO *et al.*, 2009b, p. 11).

Castro *et al.* (2009b) acrescentaram indicadores sobre as condições ambientais e indicadores que permitissem avaliar a participação da família na dinâmica da comunidade. Constataram o impacto a longo prazo sobre o desempenho e a sustentabilidade da exploração causado pelas qualidades geográficas dos sítios estudados, as propriedades do solo, o micro-clima, a disponibilidade de recursos naturais e a sanidade das lavouras. Após estudarem as especificidades dos agricultores do Alto da Serra de São Pedro/SP, Castro *et al.* acrescentaram indicadores que permitissem avaliar a participação da família na dinâmica da comunidade. Verificaram que: 1. o reforço da cooperação para as atividades agrícolas contribui com o desenvolvimento da agricultura diversificada em São Pedro/SP; 2. a comunidade tem grande importância para a persistência das famílias nessa região (CASTRO *et al.*, 2009b, p. 11-12).¹⁸

¹⁸ Detalhes das matrizes de correspondência dos indicadores das três dimensões com os 17 objetivos de sustentabilidade em Castro *et al.* (2009b, p. 29-30).

4. REVISÃO DE LITERATURA: ESTATÍSTICA, METROLOGIA, INFORMAÇÃO E INTELIGÊNCIA ORGANIZACIONAL PARA DESENVOLVIMENTO DO SISTEMA DE AVALIAÇÃO PONDERADA DA MFA

Neste capítulo, faremos uma explicação dos referenciais teóricos mínimos da *Machine Learning* e estatística não paramétrica, uni e multivariada empregados na análise de dados desta pesquisa. Para a construção do Sistema de Avaliação Ponderada da MFA, utilizamos referenciais teóricos da estatística, metrologia, informação e inteligência organizacional, apresentados na primeira seção deste capítulo¹⁹.

Após o desenvolvimento, o índice foi testado a partir dos resultados preliminares do Censo Agropecuário 2017, do IBGE (2019a) - e duas tabelas da PNAD (Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios) (PNAD IBGE, 2019) - repetindo a aplicação para os 26 estados brasileiros e Distrito Federal. A partir do teste, um banco de dados foi construído em arquivos .txt e .arff – *software* Weka (WAIKATO UNIVERSITY, 2019), utilizando o Notepad ++. O banco de dados foi analisado por *Machine Learning* nos *softwares* Weka e *R-Action Stat* (ESTATCAMP, 2020) e; por estatística não paramétrica, uni e multivariada, no *software* SAS e no R (SAS, 2019a; JMP, 2019; MANLY; ALBERTO, 2017; LATTIN; CARROLL; GREEN, 2011; IME USP, 2020).

Conforme mencionado na Introdução deste trabalho, a pesquisa proposta traz diferenças em relação à maioria dos trabalhos desenvolvidos na área da Sociologia Rural, no âmbito da MFA. Trata-se da seleção e análise de dados ter sido realizada por métodos quantitativos. Sobre a coleta de dados, encontramos suporte no trabalho de Anael Pinheiro de Ulhôa Cintra (2013), cujos trabalhos na área de Sociologia tem como fonte de dados as plataformas do IBGE e afins, a exemplo do artigo “Ruralidades paranaenses: interpretações baseadas nos censos demográficos” (CINTRA, 2018).

A discussão relativa ao emprego dos métodos quantitativos na pesquisa em Sociologia foi tema no VI Congresso Português de Sociologia, da Universidade Nova de Lisboa, em 2008,

¹⁹ Esse capítulo foi desenvolvido a partir do curso da disciplina LCE5736 - Introdução à Estatística, Metrologia e Inteligência para Gestão (<https://www.esalq.usp.br/pg/programas/ecologia-aplicada/informacoes-academicas/disciplinas-do-programa>).

com a publicação do artigo “Os Métodos Quantitativos na Sociologia: Dificuldades de Uma Metodologia de Investigação”, de Fonseca (2008):

Em sociologia, investigadores quantitativos usam um conjunto de análises estatísticas e em certas situações, generalizações, para determinar o padrão dos dados e o seu significado, enquanto que, investigadores qualitativos usam técnicas de fenomenologia e a sua visão do mundo para extrair significado. Resumindo, os investigadores adeptos de ambos os paradigmas usam técnicas analíticas para extrair significado (conhecimento). Entre alguns objectivos comuns aos investigadores de ambos os paradigmas, existe um que consiste na redução da dimensão dos dados disponíveis, ainda que através de metodologias diferentes. Assim, adeptos da metodologia quantitativa usam métodos estatísticos multivariados de redução de dados, sem perder informação relevante neles contida, como a análise factorial e análise de agrupamento (cluster analysis), enquanto adeptos da metodologia qualitativa optam por análises temáticas (FONSECA, 2008, p. 1).

Neste trabalho, os dados obtidos das análises por métodos da *Machine Learning* foram conferidos a partir da utilização de técnicas da estatística não paramétrica, uni e multivariada. Metodologia semelhante, utilizando conjuntamente *Machine Learning* e estatística para análise de dados, foi empregada no artigo “Trace elements and *Machine Learning* for Brazilian beef traceability” (FERNANDES *et al.*, 2020), premiado na categoria “Food Authenticity and Traceability” na “Second Food Chemistry Conference: Shaping the Future of Food Quality, Safety, Nutrition and Health”, organizada pela Elsevier em 17 a 19 de setembro de 2019, em Sevilha, na Espanha (ELSEVIER, 2020).

Para Memória (2004), “a análise exploratória, com ênfase nos aspectos descritivos, não elimina a análise confirmatória, de cunho inferencial, mas se completam, como escreve Tukey (1980)” (MEMÓRIA, 2004, p. 87).

O uso intensivo dos computadores afastou os estatísticos do escrutínio inteligente dos dados, com consequências maléficas, se não forem utilizados com sabedoria (...). Um exemplo dado por Harley ilustra a inspeção dos erros residuais, isto é, das divergências entre dados observados e os valores ajustados pela regressão, que é altamente vantajosa para o pesquisador aprender algo sobre seus dados. Por exemplo, o gráfico de resíduos contra os valores calculados pela regressão linear pode indicar a falta de um termo quadrático ou de ordem superior. Quando usados judiciosamente, os pacotes estatísticos têm ajudado de modo extraordinário tanto os estatísticos como os pesquisadores. A lição aprendida foi não se intimidar em tratar grandes massas de dados, o que levou a uma nova onda de atividades conhecida por análise exploratória de dados, cujo expoente máximo foi John Wilder Tukey (1915-2000). Suas contribuições sobre o assunto encontram-se principalmente no artigo de Tukey (1962) e no seu livro, Tukey (1977). Para Tukey, os problemas da ciência e suas aplicações tecnológicas, incluindo entre estas a engenharia, a agricultura e a medicina, não iniciam nem terminam com

respostas ordenadas, daí a reabilitação da estatística descritiva, começando com análises gráficas e visuais (MEMÓRIA, 2004, p. 86-87).

A seleção de dados a partir do IBGE - em grande parte e, em menor, na PNAD – consistiu, de fato, num processo chamado de *Data Mining*:

O processo de procurar valiosas informações em enormes massas de dados é conhecido por mineração de dados (data mining), cujo exemplo é o projeto do genoma humano, que já armazenou centenas de gigabytes de dados. A mineração de dados é considerada um assunto interdisciplinar, que representa a confluência de várias ideias, inclusive da análise exploratória de dados, entre outras. Seu objetivo principal é encontrar estrutura nos dados, distinguindo-se da Estatística pela maior ênfase em algoritmos. Aliás, foi tirando proveito das redes neurais e dos algoritmos genéticos que foram desenvolvidos os métodos de análise de dados baseados no aprendizado de máquinas (*Machine Learning*) (MEMÓRIA, 2004, p. 87).

José Maria Pompeu Memória (2004) lembra Rao (1999), segundo o qual, “as limitações dos atuais métodos estatísticos em tratar grande massas de dados levaram os cientistas da computação, engenheiros e aqueles que trabalham em pesquisa operacional a sugerir a utilização da mineração de dados para esse fim” (MEMÓRIA, 2004, p. 88).

Além disso, Rao (1999) é lembrado por Memória (2004) pois, segundo ele, a partir de 1950, verificou-se uma mudança na pesquisa estatística. Esta, antes baseada fortemente em modelos, passou a empregar métodos não-paramétricos - os quais eram aplicáveis a “amostras oriundas de qualquer distribuição” - e métodos paramétricos robustos – que, por sua vez, não sofriam influência de valores atípicos (outliers) ou da contaminação de dados (MEMÓRIA, 2004, p. 88-89).

4.1 Referenciais da Inteligência Organizacional

O desenvolvimento do índice baseou-se: 1. na Matriz de Eisenhower para gerenciamento de risco e listagem de prioridades (WEBINSIDER, 2019); 2. no sistema FSC (Forest Stewardship Council), certificação canadense para área florestal, segundo a qual a produção deve ser ambientalmente correta, socialmente justa e economicamente viável (WWF, 2019; FSC, 2019); 3. no princípio da média ponderada (MUNIZ, 2019; LEVINE *et al.*, 2015) e; 4. na Escala de Likert (SURVEYMONKEY, 2019). Seu teste a partir dos resultados preliminares do Censo Agropecuário 2017 (IBGE, 2019a) foi norteado pela filosofia do Sistema Lean Startup (ENDEAVOR, 2015).

A análise dos dados: 1. considerou o suporte da *Machine Learning*, utilizando os *softwares* Weka e R- Action Stat (WAIKATO UNIVERSITY, 2019; ESTATCAMP, 2020); 2.

seguiu a Teoria da Informação ou Teoria da Amostragem (PAVÃO, 2011; MEASURE EVALUATION, 2019); 2. Utilizou métodos da estatística não paramétrica, uni e multivariada (MANLY; ALBERTO, 2017; LATTIN; CARROL; GREEN, 2011), no *software* SAS e no R (2019a; 2019b; 2019c; 2019d; JMP, 2019; ITO, 1980; TAN *et al.*, 2018; IME USP, 2020).

A teoria da informação é um ramo da matemática voltado ao estudo da quantificação da informação. Claude Shannon, em 1948, estabeleceu os pilares dessa teoria, formalizando conceitos nas áreas da comunicação e estatística. Inicialmente, a teoria da informação era voltada para a compressão, transmissão e armazenamento de dados. No entanto, tornou-se amplamente utilizada em diversas outras áreas (PAVÃO, 2011).

A mais famosa estratégia de produtividade é conhecida como Matriz de Eisenhower, utilizada para organizar tarefas de forma simples, separando-as em quatro quadrantes: 1. Urgente e importante; 2. Importante, mas não urgente; 3. Urgente, mas não importante; 4. Nem urgente, nem importante. Dwight Eisenhower foi presidente dos Estados Unidos, com dois mandatos de 1953 a 1961, famoso por manter uma alta produtividade por décadas (WEBINSIDER, 2019). Além disso, foi o comandante-chefe da “Operação Overlord”, de retomada da Europa pelos Aliados (SCHMITZ, 2019).

No quadrante 1, tem-se tarefas que devem ser feitas primeiro, pois são críticas de alguma forma e precisam ser concluídas imediatamente. São prioridade pois evitam consequências negativas (WEBINSIDER, 2019).

No quadrante 2, estão tarefas importantes, mas que não são urgentes. É onde se deve investir a maior parte do tempo, pois essas tarefas servem para atingir objetivos a longo prazo (WEBINSIDER, 2019).

No quadrante 3, agrupam-se tarefas urgentes, mas não importantes, que podem ser tratadas por outras pessoas, portanto, delegadas (WEBINSIDER, 2019).

No quadrante 4 estão tarefas que significam desperdício de tempo e devem ser eliminadas. Ao identificá-las e eliminá-las, haverá mais tempo para investir nas tarefas importante, mas não urgentes (quadrante 2). Trata-se de um tempo de inatividade utilizado para recuperar energia, sendo importante para equilibrar equilíbrio vida profissional e pessoal, por exemplo (WEBINSIDER, 2019). O mecanismo do quarto quadrante também é parte importante na divindade shiva da trilogia hindu: Trimurti (LIMA, 2012).

No índice que propusemos, consideramos os critérios da Matriz de Eisenhower para pensar as ponderações de dimensões, indicadores e subindicadores no índice.

O Princípio da média ponderada foi considerado para dar peso aos componentes do índice. Trata-se de obter um valor mais representativo do que se pretende avaliar, em comparação a uma média linear, média simples (MUNIZ, 2019; LEVINE *et al.*, 2015).

Conforme Bonamente (2013), “the weighted mean is a commonly accepted quantity to report as the best estimate for the value of a measured quantity”²⁰ (BONAMENTE, 2013, p. 107). As matrizes de ponderação são amplamente utilizadas na construção de indicadores de sustentabilidade ambiental (RODRIGUES; CAMPANHOLA, 2003; RODRIGUES *et al.*, 2019; VILAIN, 2008, 2003; DEPONTI; CÓRDULA; AZAMBUJA, 2002; GUIMARÃES; FEICHAS, 2009; MARZALL; ALMEIDA, 2000; MASERA; ASTIER; LÓPEZ RIDAURA, 1999; VAN BELLEN, 2005) e em processos de auditoria de gestão, por exemplo, sistemas ISO (URSINI; SEKIGUCHI, 2004), FSC (WWF, 2019; FSC, 2019), Global Gap (RODRIGUES *et al.*, 2004).

A matrix in mathematics is just a two-dimensional array of numbers. Matrices are used for many purposes in theoretical and practical statistics, but it is not assumed that the reader is familiar with matrix algebra, so many special operations on matrices, including matrix multiplication, are skipped. (...) However, matrices and also higher-dimensional arrays do get used for simpler purposes as well, mainly to hold tables, so an elementary description is in order. In R, the matrix notion is extended to elements of any type, so you could have, for instance, a matrix of character strings. Matrices and arrays are represented as vectors with dimensions (...) (DALGAARD, 2008, p. 16-17).²¹

O nosso índice se baseia numa escala de Likert (SURVEYMONKEY, 2019) para considerar o grau de favorecimento da MFA nos estabelecimentos agropecuários brasileiros.

Criadas pelo cientista social estadunidense Rensis Likert, as escalas de Likert são consideradas uma das formas mais confiáveis de medir opiniões, percepções e comportamentos. Trata-se de uma escala de cinco ou sete pontos que oferece uma variedade de opções de resposta que vão de uma extremidade a outra, como "Extremamente provável" a "Nada provável". Elas normalmente incluem um ponto médio ou neutro. Comparadas às perguntas binárias, que fornecem apenas duas opções de resposta, as perguntas de escala Likert

²⁰ Em tradução livre para o Português, de Bonamente (2013, p. 107): “a média ponderada é uma grandeza geralmente aceita como a melhor estimativa de uma quantidade medida”.

²¹ Em tradução livre para o Português, de Dalgaard (2008, p. 16-17): “Uma matriz em matemática é apenas uma matriz bidimensional de números. As matrizes são usadas para muitos propósitos nas estatísticas teóricas e práticas, mas não se supõe que o leitor esteja familiarizado com a álgebra matricial; muitas operações especiais em matrizes, incluindo multiplicação de matrizes, são ignoradas. No entanto, matrizes e também matrizes de maior dimensão também são usadas para fins mais simples, principalmente para manter tabelas, portanto, uma descrição elementar está em ordem. Em R, a noção de matriz é estendida a elementos de qualquer tipo, então você pode ter, por exemplo, uma matriz de cadeias de caracteres. Matrizes e matrizes são representadas como vetores com dimensões”.

proporcionam *feedback* mais granular sobre a qualidade de um produto. Desse modo, podem ajudar a tomar decisões sobre determinadas atividades que estão sendo medidas pela escala. O método permite descobrir graus de opinião e indicar as áreas nas quais é preciso melhorar o serviço ou produto. As escalas podem ser bipolares ou unipolares. No primeiro caso, faz-se uma pergunta cujas posturas tenham dois lados ("adoro" e "odeio"). No segundo, as respostas variam de "nenhum" a um nível máximo. (...)

Na construção da escala, inicia-se (...) pelos extremos ("extremamente", "nem um pouco") e depois define-se o ponto médio da escala para representar moderação ("moderadamente") ou neutralidade ("nem um, nem outro"). Por fim, use termos claros ("muito", "ligeiramente") para as demais opções.

Nas escalas, é mais eficaz fazer uma pergunta do que uma afirmação. Afirmações contêm um risco implícito e grande parte das pessoas tende a concordar em vez de discordar de afirmações, pois os humanos são, em grande parte, simpáticos e respeitosos. Esse fenômeno é chamado de viés de aquiescência.

Deve-se utilizar legendas para facilitar a compreensão, de modo que os respondentes saibam qual extremidade da variação é positiva ou negativa.

Deve-se usar um número ímpar de opções, pois escalas com um número ímpar de valores têm um ponto médio. Os respondentes têm dificuldade em definir seu ponto de vista em uma escala maior que sete. Se a escala fornecer mais de sete opções de resposta, é possível que as pessoas comecem a escolher aleatoriamente a resposta, o que pode prejudicar a relevância dos seus dados. As escalas precisam ter uma continuidade de modo que as opções sejam espaçadas de forma homogênea. (...) (SURVEYMONKEY, 2019, n.p).

Para construção do índice, baseamo-nos nos princípios do FSC, o selo verde mais reconhecido em todo o mundo atualmente (FSC, 2019; WWF, 2019).

FSC significa o *Forest Stewardship Council* (Conselho de Manejo Florestal, em português). O FSC objetiva difundir o uso racional da floresta, garantindo sua existência no longo prazo e, para isso, criou um conjunto de regras reconhecidas internacionalmente, chamadas Princípios e Critérios. O FSC atua de três maneiras: desenvolve os princípios e critérios (universais) para certificação; credencia organizações certificadoras especializadas e independentes; apoia o desenvolvimento de padrões nacionais e regionais de manejo florestal e agroflorestal (WWF, 2019). Atualmente existem três modalidades de certificação: Manejo Florestal, Cadeia de Custódia, Madeira Controlada (FSC, 2019).

Trata-se de um sistema de certificação florestal, cuja função é garantir que a madeira utilizada em determinado produto provém de um processo produtivo em conformidade com as leis vigentes e manejado de forma: 1. ecologicamente adequada; 2. socialmente justa e 3. economicamente viável (WWF, 2019).

No primeiro ponto (ecologicamente adequada), significa utilizar técnicas que imitam o ciclo natural da floresta e causam o mínimo impacto, permitindo sua renovação e sua permanência e da sua biodiversidade (WWF, 2019).

No segundo ponto (socialmente justa), considera-se que a propriedade de uma área florestal e a atividade precisa ser legalizada. Logo, devem-se pagar todos os tributos e respeitar os direitos trabalhistas, inclusive no item segurança do trabalho. O processo de certificação FSC é transparente, o que permite sua fiscalização por qualquer entidade ou indivíduo da sociedade civil. Os princípios e critérios do FSC são decididos com a participação igualitária dos três setores: ambiental, social e econômico (WWF, 2019).

No terceiro ponto (economicamente viável), considera-se que as técnicas de manejo florestal requeridas pelo FSC aumentam a produtividade da floresta, garantem a durabilidade dos investimentos, e agregam valor ao produto, de modo que o selo FSC no produto tem garantido a permanência no mercado e abre novos mercados (WWF, 2019).

Outra metodologia que inspirou o desenvolvimento do índice foi a filosofia do Sistema *Lean Startup*. Trata-se de um sistema de desenvolvimento de produto por prototipação. Nele, tendo delineado um protótipo do nosso índice, devemos testá-lo o quanto antes para verificar as suas potencialidades e fragilidades (ENDEAVOR, 2015).

Lean startup significa *startup* enxuta. “Trata-se de uma ferramenta da administração para melhorar os resultados do empreendimento, por meio da identificação e eliminação de desperdícios nos processos produtivos” (ENDEAVOR, 2015, n.p).

O método *Lean Startup* apoia-se em três pilares: 1. Utilizar a ferramenta Canvas para delinear o modelo de negócio (construindo diagrama cujo objetivo é mostrar como a empresa cria valor para si própria e para os clientes); 2. Utilizar a abordagem de *customer development* (desenvolvimento com clientes, em português) para obter a opinião de potenciais usuários, compradores e parceiros sobre o modelo de negócios - para isso, utiliza-se um MVP (*Minimum Viable Product*, ou Produto Mínimo Viável), que funciona como um protótipo do produto; 3. Adotar um plano de desenvolvimento ágil, concomitantemente ao *customer development*, pois, o produto deve ser desenvolvido de forma interativa e incremental para reduzir tempo e recursos – trata-se de desenvolver o produto pautando-se no teste e interação com o cliente de modo a melhorá-lo no decorrer do processo produtivo antes do lançamento definitivo (ENDEAVOR, 2015). Este sistema é utilizado por startups e grandes empresas, como Amazon, Uber e DropBox (RIES, 2011; EXAME, 2018; AIESEC, 2020).

Encontrar um MVP pode não ser uma tarefa simples, pois é resultado de diferentes interações, tentativas, modificações e erros. Trata-se de um

protótipo que pode gerar economia se indicar que não se deve investir em um produto. O MPV permite que encontrar soluções para os erros presentes no protótipo, podendo melhorar seu produto final para que ele realmente solucione um problema do público-alvo e se destaque no mercado. Se o seu MVP indicar que o seu produto não está pronto para ser lançado no mercado, deve-se incorporar esses aprendizados e melhorar.

O MVP é o instrumento para testar hipóteses, pegar feedbacks do cliente e melhorar o produto antes de lançar. Ele ajuda a antecipar problemas, ou mesmo redefinir a estratégia do negócio/produto. (ENDEAVOR, 2015, n.p).

Para contruir um MVP, há quatro etapas: 1. Formular hipóteses para serem validadas - o principal objetivo do MVP “é validar premissas sobre o mercado antes de investir em um produto e lançá-lo. Deve-se, então, pontuar os objetivos do MPV por meio de hipóteses claras. Para isso, o empreendedor deve ser capaz de formular hipóteses sobre seu público consumidor e sua proposta de valor”; 2. Entender o seu mercado: “deve-se conhecer os indicadores macro e micro do público consumidor” e “entender o contexto em que sua empresa/produto está inserida/o; descobrir os possíveis concorrentes e as soluções que ofertam”; 3. Definir indicadores e estabelecer métricas: “a partir dos dados coletados na pesquisa prévia, devem-se definir indicadores e métricas para avaliar o desempenho do MVP a partir da interação com o público-alvo”; 4. Pensar nas funcionalidades do MVP: “o MVP precisa equilibrar tempo, recursos investidos para o seu desenvolvimento e a forma como a proposta de valor do produto será apresentada para o cliente” (ENDEAVOR, 2015, n.p).

No caso do nosso índice, as etapas 1 e 2 consistiram na revisão bibliográfica sobre indicadores de sustentabilidade. Nosso público-alvo são agricultores, tomadores de decisão, mas também pesquisadores que podem usar o Sistema de Avaliação Ponderada da MFA em suas pesquisas sobre MFA. Quanto à etapa 4, o desempenho do nosso MPV é medido pelas análises 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, 2019a; JMP, 2019; MANLY; ALBERTO, 2017; LATTIN; CARROLL; GREEN, 2011; IME USP, 2020).

4.2 *Machine Learning*

O *Machine Learning* (MELLO; PONTI, 2018) é uma vertente da Inteligência Artificial²² (IA) direcionada para o treinamento de máquinas para que estas aprendam com

²² Inteligência artificial (IA) é a “ciência capaz de mimetizar as habilidades humanas” (SAS, 2019b, n.p).

dados. Funda-se na ideia de que os sistemas podem “aprender com dados, identificar padrões e tomar decisões com o mínimo de intervenção humana”. Sendo assim, constitui-se em um “método de análise de dados que automatiza a construção de modelos analíticos” (SAS, 2019b, n.p).

O *Machine Learning* (MICHIE; SPIEGELHALTER.; TAYLOR, 1994) surgiu a partir da iniciativa de pesquisadores da área de inteligência artificial que investigavam em que medida “as máquinas poderiam aprender com dados”. Nesse contexto, o *Machine Learning* baseia-se no reconhecimento de padrões e na “teoria de que computadores podem aprender sem serem programados para realizar tarefas específicas” (SAS, 2019b, n.p).

O *Machine Learning* centra-se no caráter iterativo do aprendizado de máquina (MONARD; BARANAUSKAS, 2005), pois, conforme “os modelos são expostos a novos dados, eles são capazes de se adaptar independentemente” (SAS, 2019b, n.p). Com isso, eles “aprendem com computações anteriores para produzir decisões e resultados confiáveis, passíveis de repetição” (SAS, 2019b, n.p; BISHOP, 2006).

O *Machine Learning* (ALPAYDIN, 2020) permite produzir, “rápida e automaticamente, modelos capazes de analisar dados maiores e mais complexos, e entregar resultados mais rápidos e precisos – mesmo em grande escala”. A construção de modelos precisos, no contexto de uma organização, potencializa a identificação de “oportunidades lucrativas” e de “riscos desconhecidos” (SAS, 2019b, n.p).

No *Machine Learning* (MOHRI; ROSTAMIZADEH; TALWALKAR, 2018), “o objetivo é entender a estrutura dos dados”, ou seja, “encaixar distribuições teóricas em dados bem entendidos” (SAS, 2019b, n.p). O *Machine Learning* “foi desenvolvido a partir da capacidade de usar computadores para examinar a estrutura dos dados, mesmo se não soubermos como essa estrutura se parece” (SAS, 2019b, n.p).

O aprendizado de máquina foi desenvolvido a partir da capacidade de usar computadores para examinar a estrutura dos dados, mesmo se não soubermos como essa estrutura se parece. O teste para um modelo de *Machine Learning* é um erro de validação em dados novos e não um teste teórico que prova uma hipótese nula. Como *Machine Learning* geralmente usa uma abordagem iterativa para aprender com os dados, o aprendizado pode ser facilmente automatizado. As etapas são executadas através dos dados até que um padrão robusto seja encontrado (SAS, 2019b, n.p).

Uma ressalva é que *Machine Learning* difere dos conceitos de “mineração de dados” (ou *Data Mining*) e “*Deep Learning*” (RATNER, 2017; NAJAFABADI *et al.*, 2015). “Embora diversos algoritmos de *Machine Learning* existam há muito tempo, a capacidade de aplicar

cálculos matemáticos complexos ao *big data* automaticamente – de novo e de novo, mais rápido e mais rápido – é um desenvolvimento recente” (SAS, 2019b, n.p).

A mineração de dados aplica métodos de áreas diversas para identificar padrões anteriormente desconhecidos nos dados. Isso pode incluir algoritmos estatísticos, *Machine Learning*, análise de texto, análises de séries temporais e outras áreas de *analytics*. A mineração de dados também inclui o estudo e a prática de armazenamento e manipulação de dados. (...)

Deep learning combina avanços no poder computacional e tipos especiais de redes neurais para aprender padrões complicados em grandes quantidades de dados. Técnicas de *deep learning* são o que há de mais avançado hoje para identificar objetos em imagens e palavras em sons. Os pesquisadores estão tentando aplicar esses sucessos no reconhecimento de padrões em tarefas mais complexas, como na tradução automática de idiomas, diagnósticos médicos e diversos outros problemas sociais e corporativos (SAS, 2019b, n.p).

Alguns exemplos de aplicações de *Machine Learning* são as ofertas recomendadas pela Amazon e da Netflix (RASTOGI, 2018; CARREIRAS; PEREIRA; SHIMABUKURO, 2006). Esses *websites* utilizam *Machine Learning* para analisar o histórico de compras dos usuários e promover outros itens pelos quais estes poderiam se interessar. “Essa capacidade de capturar dados, analisá-los e utilizá-los para personalizar a experiência de compra (ou implementar uma campanha de marketing) é o futuro do varejo” (SAS, 2019b, n.p).

Para empresas, pode-se detectar o que os clientes falam no Twitter por meio do *Machine Learning* combinado com criação de regras linguísticas (SAS, 2019b).

Agências governamentais, como segurança pública e *utilities*, têm uma necessidade particular para *Machine Learning*, uma vez que elas possuem múltiplas fontes de dados que podem ser mineradas para deles obterem *insights*. Analisar dados de sensores, por exemplo, identifica maneiras de aumentar a eficiência e economizar dinheiro. O aprendizado de máquina também pode ajudar na detecção de fraudes e na minimização de roubos de identidade. (...) (SAS, 2019b, n.p).

Outro exemplo da aplicação de *Machine Learning* é para a indústria financeira (BAUM, 1999; RATHOR; AGARWAL; DIMRI, 2018; DE LA PAZ-MARÍN; GUTIÉRREZ; HERVÁS-MARTÍNEZ, 2015), com destaque para a “BIA”, plataforma de inteligência artificial do Banco Bradesco (BRADESCO, 2020)

Bancos e outros negócios na indústria financeira usam tecnologias de *Machine Learning* para dois propósitos principais: identificar insights importantes nos dados e prevenir fraudes. Esses insights podem identificar oportunidades de investimento, ou ajudar investidores a saber quando fazer o trade. A mineração de dados também pode identificar clientes com alto perfil de risco ou usar *cyber-vigilância* para encontrar sinais de fraudes. (...) (SAS, 2019b, n.p).

O uso de *Machine Learning* nesse campo foi tema da apresentação do Mestrando Gabriel Ferreira sobre de Detecção de Fraudes em Cartão de Credito, utilizando *machine learnig* e estatística robusta, dissertação em Estatística e Inteligência Artificial da ESALQ, na disciplina LCE1270 Inteligência Artificial, Big-Small Data e Gestão para Indústria, Serviços e Fazenda 4.0 (SILVA, 2020).

Machine Learning também tem sido utilizado na área médica (RAJKOMAR; DEAN; KOHANE, 2019; SIDEY-GIBBONS; SIDEY-GIBBONS, 2019; CLEOPHAS; ZWINDERMAN, 2013), em função dos “dispositivos wearables e sensores que permitem aos profissionais de saúde acessar os dados de pacientes em tempo real” (SAS, 2019b, n.p). De todo modo, a “tecnologia também pode ajudar especialistas médicos a analisar dados para identificar tendências ou alertas, levando ao aperfeiçoamento de diagnósticos e tratamentos” (SAS, 2019b, n.p). Nesse campo, destaca-se a plataforma de inteligência artificial “Watson”, da IBM (IBM, 2020a).

Nas indústrias de Petróleo e gás, o *Machine Learning* pode ser útil para: descoberta de novas fontes energéticas (ANIFOWOSE; LABADIN; ABDULRAHEEM, 2017); análise mineralógica de solo (KAMPICHLER; DŽEROSKI; WIELAND, 2000; NAWAR; MOUAZEN, 2019); prevenção de falhas em sensores de refinarias; melhoria da distribuição de petróleo visando maior economia e eficiência (SAS, 2019b, n.p).

Na indústria de transportes, o *Machine Learning* (WOJTUSIAK; WARDEN; HERZOG, 2012) pode ser útil para análises de dados a fim de “identificar padrões e tendências” (SAS, 2019b, n.p). Isto é fundamental para esta indústria, na medida em que “depende da elaboração de rotas mais eficientes e da previsão de problemas potenciais para aumentar a rentabilidade”. Nesse sentido, “os aspectos de análise e modelagem de dados de *Machine Learning* são ferramentas importantes para transportadoras, transporte público e outras organizações do setor” (SAS, 2019b, n.p).

Os dois métodos de análise por *Machine Learning* mais adotados são o aprendizado supervisionado e o aprendizado não-supervisionado – empregados nesta pesquisa (FISHER; PAZZANI; LANGLEY, 2014; KOTSIANTIS; ZAHARAKIS; PINTELAS, 2007).

O aprendizado não-supervisionado é utilizado contra dados que não possuem rótulos históricos. A "resposta certa" não é informada ao sistema. O algoritmo deve descobrir o que está sendo mostrado. O objetivo é explorar os dados e encontrar alguma estrutura dentro deles. O aprendizado não-supervisionado funciona bem com dados transacionais. Por exemplo, ele pode identificar segmentos de clientes com atributos similares que podem, então, ser tratados de modo igualmente similar em campanhas de marketing; ou ele pode

encontrar os principais atributos que separam segmentos distintos de clientes. Técnicas populares incluem mapas auto-organizáveis, mapeamento por proximidade, agrupamento k-means e decomposição em valores singulares. Esses algoritmos também são utilizados para segmentar tópicos de texto, recomendar itens e identificar pontos discrepantes nos dados (SAS, 2019b, n.p).

Utilizamos *Machine Learning* Não Supervisionado na *Principal components analysis* (PCA) com *biplot* (realizado no *software* Weka). Os 26 estados e Distrito Federal (DF) foram analisados conforme seus desempenhos nas dimensões D1, D2, D3, D4 e valor final do índice (Ind). Leva-se em consideração a importância das variáveis (D1, D2, D3, D4, Ind) no desempenho de cada estado (e DF) no índice.

Algoritmos de aprendizado supervisionado são treinados por meio de exemplos rotulados, como uma entrada na qual a saída desejada é conhecida. Por exemplo, um equipamento poderia ter pontos de dados rotulados como “F” (falha) ou “E” (executa). O algoritmo de aprendizado recebe um conjunto de entradas junto com as saídas corretas correspondentes, e aprende ao comparar a saída real com as saídas corretas para encontrar erros. Ele, então, modifica o modelo de acordo. Através de métodos como classificação, regressão e gradient boosting, o aprendizado supervisionado utiliza padrões para prever os valores de rótulos em dados não-rotulados adicionais. O aprendizado supervisionado é comumente empregado em aplicações nas quais dados históricos preveem eventos futuros prováveis. Por exemplo, ele pode antecipar quando transações via cartão de crédito são passíveis de fraude ou qual segurado tende a reivindicar sua apólice (SAS, 2019b, n.p).

Utilizamos *Machine Learning* Supervisionado no gráfico de Variáveis Canônicas com *biplot*. As regiões brasileiras foram caracterizadas quanto aos seus desempenhos nas dimensões. Separamos os 26 estados e Distrito Federal (DF) nas cinco regiões. Pela Matriz de Confusão (a partir da Análise Discriminante Linear) e por Matrizes de confusão, utilizando os algoritmos de *Machine Learning Neural Network* e *Random Forest* (BREIMAN; CUTLER, 2019) verificamos se os estados foram classificados conforme as regiões previstas no gráfico de Variáveis Canônicas com *biplot*.

4.3 Estatística não paramétrica

Nesse trabalho, além das análises utilizando os algoritmos de *Machine Learning*, nossos resultados foram conferidos por meio da Estatística não paramétrica, uni e multivariada.

Conforme Izicki e Santos (2019), os métodos paramétricos “assumem que a função de regressão pode ser parametrizada com um número finito de parâmetros” (IZBICKI; SANTOS, 2019, p. 25).

Para amostras pequenas, métodos paramétricos costumam levar a bons resultados: impondo-se um modelo com poucos parâmetros, é possível criar estimadores com baixa variância mesmo se n é pequeno. Contudo, quando temos n grande, podemos muitas vezes aumentar o número de parâmetros do modelo, de modo que tenhamos um viés muito menor à custa, claro, de uma variância um pouco maior. É exatamente aí que métodos não paramétricos ganham importância: informalmente, um modelo não paramétrico é um modelo que tem infinitos parâmetros (IZBICKI; SANTOS, 2019, p. 49).

Para Wasserman (2004),

A statistical model is a set of distributions (or densities or regression functions). A parametric model is a set that can be parameterized by a finite number of parameters. (...) A nonparametric model is a set J that cannot be parameterized by a finite number of parameters (WASSERMAN, 2004, p. 87-88).²³

Conforme James *et al.* (2013), os métodos paramétricos envolvem uma abordagem baseada em modelo em duas etapas: 1. Faz-se uma suposição sobre a forma funcional, ou forma, de f . 2. Após a seleção de um modelo, precisamos de um procedimento que use o dados de treinamento para ajustar ou treinar o modelo²⁴.

The potential disadvantage of a parametric approach is that the model we choose will usually not match the true unknown form of f . If the chosen model is too far from the true f , then our estimate will be poor. We can try to address this problem by choosing flexible models that can fit many different possible functional forms flexible for f . But in general, fitting a more flexible model requires estimating a greater number of parameters. These more complex models can lead to a phenomenon known as overfitting the data, which essentially means they overfitting follow the errors, or noise, too closely (JAMES *et al.*, 2013, p. 22).²⁵

Sobre os métodos não-paramétricos,

²³ Em tradução livre para o Português, de Wasserman (2004, p. 87-88): “Um modelo estatístico é um conjunto de distribuições (ou densidades ou regressões funções). Um modelo paramétrico é um conjunto que pode ser parametrizado por um número finito de parâmetros. (...) Um modelo não paramétrico é um conjunto J que não pode ser parametrizado por um número de parâmetros”.

²⁴ Tradução livre para o Português a partir do original: “Parametric methods involve a two-step model-based approach. 1. First, we make an assumption about the functional form, or shape, of f . (...) 2. After a model has been selected, we need a procedure that uses the training data to fit or train the model” (JAMES *et al.*, 2013, p. 21).

²⁵ Em tradução livre para o Português, de James *et al.* (2013, p. 22): A desvantagem potencial de uma abordagem paramétrica é que o modelo que escolhermos geralmente não corresponde à verdadeira forma desconhecida de f . Se o modelo escolhido estiver muito longe do verdadeiro f , então nossa estimativa será ruim. Podemos tentar resolver esse problema escolhendo modelos flexíveis que podem se encaixar em diversas formas funcionais possíveis para f . Mas, em geral, o ajuste de um modelo mais flexível requer a estimativa de um maior número de parâmetros. Esses modelos mais complexos podem levar a um fenômeno conhecido como super ajuste dos dados, o que significa essencialmente que sejam produzidos erros, ou ruídos.

Non-parametric methods do not make explicit assumptions about the functional form of f . Instead they seek an estimate of f that gets as close to the data points as possible without being too rough or wiggly. Such approaches can have a major advantage over parametric approaches: by avoiding the assumption of a particular functional form for f , they have the potential to accurately fit a wider range of possible shapes for f . Any parametric approach brings with it the possibility that the functional form used to estimate f is very different from the true f , in which case the resulting model will not fit the data well. In contrast, non-parametric approaches completely avoid this danger, since essentially no assumption about the form of f is made. But non-parametric approaches do suffer from a major disadvantage: since they do not reduce the problem of estimating f to a small number of parameters, a very large number of observations (far more than is typically needed for a parametric approach) is required in order to obtain an accurate estimate for f . (JAMES *et al.*, p. 23).²⁶

Izbicki e Santos (2019) lembram que

métodos não paramétricos, apesar de mais flexíveis, exigem tamanhos de amostras maiores quando comparados com métodos paramétricos, caso contrário possuem taxas de convergência muito lentas. (...) só poderemos fazer estimação não paramétrica satisfatoriamente se fizermos suposições que simplificam o problema. Em particular, duas suposições usuais que frequentemente valem na prática são esparsidade e redundância nas covariáveis. (...) A maldição da dimensionalidade (Bellman, 1961) é um problema enfrentado por estimadores em dimensões altas. Essencialmente, o problema é que, sem restrições adicionais, uma função de regressão fica cada vez mais difícil de se estimar conforme a dimensão do espaço das covariáveis cresce (IZBICKI; SANTOS, 2019, p 93).

Para Izbicki e Santos (2019), “estimar uma função de regressão em problemas com dimensionalidade alta é um problema notoriamente difícil” (IZBICKI; SANTOS, 2019, p. 95). Quando tratam do “fenômeno da maldição da dimensionalidade”, afirmam que, “sem suposições extras, é impossível resolver esse problema satisfatoriamente para tamanho de amostras realísticos” e, propõe, portanto, as suposições da “alta esparsidade e alta redundância

²⁶ Em tradução livre para o Português, de James *et al.* (2013, p. 23): Métodos não paramétricos não fazem suposições explícitas sobre a forma funcional de f . Em vez disso, eles buscam uma estimativa de f que se aproxime o pontos de dados quanto possível sem produzir ruídos. Tais abordagens pode ter uma grande vantagem sobre abordagens paramétricas: evitando a suposição de uma forma funcional específica para f , eles têm o potencial para ajustar com precisão uma ampla variedade de formas possíveis para f . Qualquer modelo paramétrico de abordagem traz consigo a possibilidade de que a forma funcional usada para estimar f é muito diferente do verdadeiro f ; nesse caso, o resultado resultante modelo não ajustará bem os dados. Por outro lado, abordagens não paramétricas evite completamente esse perigo, já que essencialmente nenhuma suposição sobre A forma de f é feita. Mas abordagens não paramétricas sofrem de uma grande desvantagem: como eles não reduzem o problema de estimar f para um pequeno número de parâmetros, um número muito grande de observações (muito mais normalmente necessário para uma abordagem paramétrica) é necessário para obter uma estimativa precisa para f .

entre as covariáveis” (*op. cit.*, p. 95). Realizamos redução da dimensão na Principal Components Analysis (PCA) e nas Funções Canônicas.

4.4 Análise de correlação

No processo de análise de dados de nossa pesquisa, o primeiro passo foi realizar uma análise de correlação entre dimensões, revelando todas as correlações positivas entre elas. Ou *Partial Correlation Coefficients from the Error SSCP Matrix*, realizado por Gustavo Nazato Furlan, Gabriel Adrián Sarriés e Gabriela Maria Leme Trivellato, usando os *softwares* SAS e R-Studio²⁷.

Sobre o Error SSCP:

sum-of-squares and cross-products (SSCP) matrices for testing model effects. Since there are two dependent variables, each matrix has two columns and two rows. (...) The error matrix is used in testing each effect. In analogy to the test for models with one dependent variable, the "ratio" of the hypothesis SSCP matrix to the error matrix is used to evaluate the effect of interest. More specifically, the eigenvalues of the test matrix defined by the matrix product of the appropriate hypothesis SSCP matrix and the inverse of the error SSCP matrix are used to compute the statistics in the multivariate tests table. (IBM, 2020b, n.p).²⁸

Sobre a partial correlation matrix:

The partial correlation matrix computes the partial correlation coefficients of the columns of a matrix. That is, row i and column j of the partial correlation matrix is the partial correlation between column i and column j of the original matrix. This partial correlation between column i and column j is the correlation between these two columns after removing the effects of the remaining columns. Note that the diagonal elements of the partial correlation matrix will be 1 (since they are the partial correlation of a column with itself). The partial correlation matrix is also symmetric (since the partial correlation

²⁷ A matriz encontra-se na Seção 6.2, Figura 10.

²⁸ Em tradução livre para o Português, de IBM (2020, n.p): matrizes de soma de quadrados e produtos cruzados (SSCP) para testar os efeitos do modelo. Como existem duas variáveis dependentes, cada matriz possui duas colunas e duas linhas. (...) A matriz de erro é usada para testar cada efeito. Em analogia ao teste para modelos com uma variável dependente, a "razão" da matriz de hipótese SSCP para a matriz de erro é usada para avaliar o efeito de interesse. Mais especificamente, os valores próprios da matriz de teste definidos pelo produto da matriz da matriz SSCP de hipótese apropriada e o inverso da matriz SSCP de erro são usados para calcular as estatísticas na tabela de testes multivariada (IBM, 2020, n.p).

of column i with column j is the same as the partial correlation of column j with column i) (DATAPLOT NIST, 2020, n.p).²⁹

4.5 Comparações por Kruskal-Wallis ($p = 0,05$).

O primeiro passo das análises consistiu nas comparações por Kruskal-Wallis ($p = 0,05$), elaborado por Gabriel Adrián Sarriés, Gustavo Nazato Furlan e Gabriela Maria Leme Trivellato, usando o R³⁰.

Conforme Theodorsson-Norheim (1986), “the Kruskal-Wallis test is a nonparametric ‘analysis of variance’ which may be used to compare several independent samples” (THEODORSSON-NORHEIM, 1986, p. 57). (ou, em tradução livre para o Português: o Teste de Kruskal-Wallis é uma análise de variância não paramétrica que pode ser usada para comparar várias amostras independentes).

The Kruskal-Wallis (Kruskal & Wallis, 1952) is a nonparametric statistical test that assesses the differences among three or more independently sampled groups on a single, non-normally distributed continuous variable. Non-normally distributed data (e.g., ordinal or rank data) are suitable for the Kruskal-Wallis test. In contrast, the one-way analysis of variance (ANOVA), which is a parametric test, may be used for a normally distributed continuous variable. The Kruskal-Wallis test is an extension of the two-group Mann-Whitney U (Wilcoxon rank) test. Thus, the Kruskal-Wallis is a more generalized form of the Mann-Whitney U test and is the nonparametric version of the one-way ANOVA. (MCKIGHT; NAJAB, 2010).³¹

²⁹ Em tradução livre para o Português, de DataPlot NIST (2020, n.p): A matriz de correlação parcial calcula os coeficientes de correlação parcial das colunas de uma matriz. Ou seja, a linha i e a coluna j da matriz de correlação parcial é a correlação parcial entre a coluna i e a coluna j da matriz original. Essa correlação parcial entre a coluna i e a coluna j é a correlação entre essas duas colunas após a remoção dos efeitos das colunas restantes. Observe que os elementos diagonais da matriz de correlação parcial serão 1 (uma vez que são a correlação parcial de uma coluna consigo mesma). A matriz de correlação parcial também é simétrica (uma vez que a correlação parcial da coluna i com a coluna j é a mesma que a correlação parcial da coluna j com a coluna i) (DATAPLOT NIST, 2020, n.p).

³⁰ Gráfico de comparações por Kruskal-Wallis encontra-se na Seção 6.2, Gráfico 1.

³¹ Em tradução livre para o Português, de Mckight e Najab (2010, p. 1): O Kruskal-Wallis (Kruskal & Wallis, 1952) é um teste estatístico não paramétrico que avalia as diferenças entre três ou mais grupos amostrados de forma independente em uma única variável contínua não distribuída normalmente. Dados não normalmente distribuídos (por exemplo, dados ordinais ou de classificação) são adequados para o teste de Kruskal-Wallis. Em contraste, a análise de variância unilateral (ANOVA), que é um teste paramétrico, pode ser usada para uma variável contínua normalmente distribuída. O teste de Kruskal - Wallis é uma extensão do teste Mann - Whitney U de dois grupos (classificação de Wilcoxon). Assim, o Kruskal - Wallis é uma forma mais generalizada do teste U de Mann - Whitney e é a versão não paramétrica da ANOVA de um fator (MCKIGHT; NAJAB, 2010, p. 1).

Bianconi *et al* (2008) referem-se ao teste de Kruskal-Wallis como um “procedimento estatístico não-paramétrico de ampla utilização em ciências biológicas”, podendo ser aplicado “em muitas situações em que a Análise de Variância de Um Critério deveria ser empregada” (BIANCONI *et al.*, 2008, p. 28).

O teste de Kruskal-Wallis (ou Análise de Variância por Postos), diferentemente do que ocorre com a Análise de Variância de Um Critério (ou ANOVA de Fisher, teste paramétrico), não exige as suposições de normalidade da variável, nem homogeneidade de variâncias entre os tratamentos. É caracterizado como teste livre de distribuição, ou seja, a distribuição teórica populacional dos dados não precisa ser estimada pelas médias ou variâncias amostrais para sua correta aplicação. Quando se detecta diferença significativa entre os tratamentos pelo teste de Kruskal-Wallis, usualmente são efetuadas comparações múltiplas envolvendo todos os pares de tratamentos (BIANCONI *et al.*, 2019, p. 28-29).

4.6 Principal components analysis (PCA)

Foi realizada uma *Principal components analysis (PCA)* com *biplot*, considerando a importância de D1, D2, D3, D4 e do valor final do índice (Ind) no desempenho de cada estado e DF. *Principal components analysis (PCA)* com *biplot*. (*Machine Learning* Não Supervisionado). Componente 1 (combinação das cinco variáveis preditoras) representa 87,6% da informação, variabilidade; Componente 2 representa 10,5% da informação. Assim, trabalhou-se com a soma dessas informações, totalizando 98,1% da informação disponível (VASCONCELOS; CONCI, 2020). Elaborado por Gabriel Adrián Sarriés, Gustavo Nazato Furlan e Gabriela Maria Leme Trivellato, usando o *software* Weka³².

A *Principal components analysis (PCA)* é um dos métodos multivariados mais simples. O objetivo da análise é, por meio de p variáveis $X_1, X_2, \dots, X_p$, encontrar combinações delas para produzir índices $Z_1, Z_2, \dots, Z_p$ que não estejam correlacionados. A falta de correlação significa que os índices estão medindo diferentes dimensões dos dados. Os índices Z são então os componentes principais. (MANLY; ALBERTO, 2017).

Conforme Manly e Alberto (2017), em uma análise de componentes principais, sempre há esperança de que as variâncias da maioria dos índices sejam tão baixas a ponto de serem desprezíveis. Nesse caso, a maior parte da variação no conjunto de dados completo pode ser adequadamente descrita pelas poucas variáveis Z (MANLY; ALBERTO, 2017).

³² O Gráfico da *Principal components analysis (PCA)* com *biplot* encontra-se na Seção 6.2, Gráfico 6.

Lembram que a análise de componentes principais nem sempre funciona no sentido de que um grande número de variáveis originais é reduzido a um pequeno número de variáveis transformadas. (MANLY; ALBERTO, 2017).

A questão é que, se as variáveis originais não estiverem correlacionadas, a análise não funcionará. Logo, os melhores resultados em *PCA* são obtidos quando as variáveis originais são altamente correlacionadas, positiva ou negativamente. Além disso, também é útil que exista redundância nas variáveis originais, com a maioria delas medindo coisas semelhantes. Nesses casos, 20 ou mais variáveis originais, por exemplo, podem ser representadas adequadamente por dois ou três componentes principais. Desse modo, os componentes principais funcionam como medidas das dimensões subjacentes nos dados. (MANLY; ALBERTO, 2017, p.103)

Em nota de rodapé, Zuur, Ieno e Meesters (2009, p. 181) descreve a ferramenta de *biplot*:

A *biplot* is a tool to visualise the results of multivariate techniques such as principal component analysis, correspondence analysis, redundancy analysis, or canonical correspondence analysis. Using specific rules in the *PCA biplot*, correlations (or covariances) among the original variables, relationships among observations, and relationships between observations and variables can be inferred. There are various ways to scale the *biplot*, and the interpretation of the *biplot* depends on this scaling (ZUUR; IENO; MEESTERS, 2009, p. 181).³³

Para Zuur, Ieno e Meesters (2009), um *biplot* de *PCA* permite serem feitas declarações de quais variáveis estão correlacionadas, quais amostras são semelhantes e se as amostras mostram valores altos (ou baixos) para variáveis específicas. Essas declarações são baseadas nas direções das linhas e posições dos pontos. Linhas apontando em uma direção semelhante correspondem a variáveis positivamente correlacionadas, linhas com um ângulo de 90 graus correspondem a variáveis que têm uma pequena correlação e linhas apontando em (aproximadamente) direções opostas correspondem negativamente variáveis correlacionadas. Também existem critérios para comparar pontos e comparar os pontos com as linhas.³⁴

³³ Em tradução livre para o Português, de Zuur, Ieno e Meesters (2009, p. 181): Um *biplot* é uma ferramenta para visualizar os resultados de técnicas multivariadas, como análise de componentes principais, análise de correspondência, análise de redundância ou análise de correspondência canônica. Usando regras específicas no *biplot* do *PCA*, correlações (ou covariâncias) entre as variáveis originais, relacionamentos entre observações e relacionamentos entre observações e variáveis podem ser inferidos. Existem várias maneiras de escalar o *biplot* e a interpretação do *biplot* depende dessa escala.

³⁴ Tradução livre para o Português a partir do original de Zuur, Ieno e Meesters (2009, p. 181-182): The *biplot* allows us to make statements of which variables are correlated, which specimens are similar, and whether specimens show high (or low) values for particular variables. These statements are based on the directions of the lines and positions of the points. Lines pointing in a similar direction correspond to

Na PCA, “a componente principal é o arranjo que melhor representa a distribuição dos dados”, enquanto a componente secundária “é perpendicular a componente principal”, de Vasconcelos e Conci (2020).

4.7 Gráfico de Variáveis Canônicas com *biplot*

Por um gráfico de Variáveis Canônicas com *biplot* (Gráfico 7, seção 6.2) (*Machine Learning* Supervisionado), as regiões brasileiras foram caracterizadas quanto aos seus desempenhos nas dimensões.

O gráfico de Variáveis Canônicas com *biplot* (TER BRAAK, 1990) foi construído em duas dimensões, capturando 93% da informação. Em seguida, foram executadas comparações por *NP MANOVA (one-way analyses)* (BUTTIGIEG; RAMETTE, 2014; 2020; ANDERSON, 2001).³⁵

Das Variáveis Canônicas com *biplot*, do Gráfico 7, seção 6.2, tem-se que a região Sul caracteriza-se por alto desempenho na dimensão D4; a região Nordeste é favorecida por D2; a região Norte por D1; as regiões Sudeste e Centro-Oeste por D3. Comparações por *Non-parametric MANOVA* apontaram distinções entre regiões (a nível de significância de 1%, 5% ou 10%), exceto COvsSE e SvsSE (ANDERSON, 2001).

A análise de correlação canônica pode ser usada para investigar as relações entre os dois grupos (MANLY; ALBERTO, 2017, p. 181). Conforme Manly e Alberto (2017), a análise de correlação canônica é uma generalização da regressão múltipla na qual várias variáveis Y estão simultaneamente relacionadas a várias variáveis X - numa análise de regressão múltipla, uma única variável Y está relacionada a duas ou mais variáveis X1, X2, ..., Xp, para ver como Y está relacionado às variáveis X (MANLY; ALBERTO, 2017, p.182).

Para Manly e Alberto (2017), funções discriminantes canônicas Z1, Z2, ..., Zs são combinações lineares das variáveis originais escolhidas de tal forma que Z1 reflete as diferenças de grupo tanto quanto possível, Z2 captura o máximo possível das diferenças de grupo não exibidas por

positively correlated variables, lines with an angle of 90 degrees correspond to variables that have a small correlation, and lines pointing in (approximately) opposite directions correspond to negatively correlated variables. There are also criteria for comparing points and comparing the points to the lines ((ZUUR; IENO; MEESTERS, 2009, p. 181-182)

³⁵ O gráfico de Variáveis Canônicas com *biplot* por região do Brasil e as Comparações por *NP MANOVA (one-way analyses)* encontram-se na Seção 6.2, Gráfico 7. Foram realizadas por Gabriel Adrián Sarriés, Gustavo Nazato Furlan e Gabriela Maria Leme Trivellato, usando o software SAS e R.

Z1, Z3 captura tanto quanto possível das diferenças de grupo não exibidas por Z1 e Z2, e assim por diante (MANLY; ALBERTO, 2017, p. 142).

4.8 Non-parametric MANOVA

Para conferir os resultados obtidos nas Variáveis Canônicas com *biplot* do Gráfico 7, seção 6.2, optamos por realizar uma NP MANOVA (FINCH, 2005). Conforme Anderson (2001), a análise de dados multivariados tem se tornado cada vez mais importante na área da ecologia. Isso porque, geralmente, os ecologistas precisam testar hipóteses sobre os efeitos dos fatores experimentais em conjuntos inteiros de espécies de uma só vez. Isso tem importância central sobretudo nos estudos de biodiversidade ou impactos ambientais nos habitats, Anderson lembra Warwick *et al.* (1988), Gray *et al.* (1990), Chapman *et al.* (1995), Glasby (1997), Skilleter (1996), Kelaher *et al.* (1998), Faith, Dostine e Humphrey (1995), Quinn, Lago e Schreiber (1996), Oliver e Beattie 1996, Anderson e Clements (2000).

Hypothesis-testing methods for multivariate data are needed to make rigorous probability statements about the effects of factors and their interactions in experiments. Analysis of variance is particularly powerful for the analysis of univariate data. The traditional multivariate analogues, however, are too stringent in their assumptions for most ecological multivariate data sets. Non-parametric methods, based on permutation tests, are preferable (ANDERSON, 2001, p. 32).³⁶

4.9 Matrizes de Confusão

Geramos uma Matriz de Confusão, a partir da Análise Discriminante Linear, para verificar se os estados (e DF) eram identificados como pertencentes a outra região: um dos estados do Nordeste foi identificado como Norte; um dos estados do Sudeste foi classificado como Centro-Oeste.

Foram geradas matrizes de confusão, utilizando os algoritmos de *Machine Learning Neural Network* (CHAGAS *et al.*, 2009) e *Random Forest*, para verificar o pertencimento dos

³⁶ Tradução livre para o Português, de Anderson (2001, p. 23): Métodos de teste de hipóteses para dados multivariados são necessários para fazer afirmações de probabilidade rigorosas sobre os efeitos dos fatores e suas interações nos experimentos. A análise de variância é particularmente poderosa para a análise de dados univariados. Os análogos multivariados tradicionais, entretanto, são muito rigorosos em suas suposições para a maioria dos conjuntos de dados multivariados ecológicos. Métodos não paramétricos, baseados em testes de permutação, são preferíveis (ANDERSON, 2001, p. 32).

estados às respectivas regiões (FERNANDES; NUNES; SILVA, 2012; WATZLAWICK; KIRCHNER; DE AZAMBUJA MADRUGA, 2003). Por *Neural Network*, numa matriz 5 por 5, um estado da região Sudeste foi interpretado como pertencente à Norte. Este resultado se repetiu na 2 por 2, com 96% de acurácia.

As matrizes foram elaboradas por Gabriel Adrián Sarriés, Gustavo Nazato Furlan, Gabriela Maria Leme Trivellato, usando os *softwares* SAS e Weka. Encontram-se na Seção 6.2, Figura 11.

4.10 Neural Networks

Conforme, Izbicki e Santos (2019), “redes neurais artificiais são um conceito bastante antigo em inteligência artificial (MCCULLOCH; PITTS, 1943, ROSENBLATT, 1958). Matematicamente, no contexto de regressão, trata-se apenas de um estimador não linear de $r(x)$ ” (IZBICKI; SANTOS, 2019, p. 78). As redes neurais podem ser representadas por uma estrutura³⁷.

Na figura, os nós do lado esquerdo são as entradas da rede, ou seja, são “cada uma das covariáveis do banco de dados (neste caso, há três delas)” (IZBICKI; SANTOS, 2019, p. 78).

Na segunda camada, estão os “nós da camada oculta da rede” (IZBICKI; SANTOS, 2019, p. 78). Cada um deles “representa uma transformação dos nós das variáveis da camada anterior” (*op. cit.*, p. 79). Esta transformação “consiste em fazer uma combinação linear das entradas e então aplicar uma função f (chamada de função de ativação) já pré-definida ao resultado desta soma” (IZBICKI; SANTOS, 2019, p. 79).

4.11 Random Forests

Para Leo Breiman (2001, p. 29), Florestas Aleatórias (Random Forests) são ferramentas eficazes de previsão. Conforme Cutler *et al.* (2007), a utilização de Random Forests em Ecologia tem vantagens, quando comparada com outras metodologias de classificação, incluindo: 1. taxa de acerto de classificação muito alta; 2. capacidade de modelar interações complexas entre variáveis preditoras; 3. flexibilidade para realizar vários tipos de análise de dados estatísticos,

³⁷ Detalhes em Izbicki e Santos (2019, p. 79).

incluindo regressão, classificação, análise de sobrevivência e aprendizagem não supervisionada, e; 4. um algoritmo para imputação de valores ausentes.

4.12 Gráfico PLS pelo método MQP

Realizamos um Gráfico PLS³⁸ (*Partial least squares*) (CARRASCAL; GALVÁN; GORDO, 2009) pelo método MQP (Mínimos Quadrados Parciais) (NØRGAARD *et al.*, 2000; HAIR *et al.*, 2012).

Nos Mínimos Quadrados Parciais - método de análise paramétrico (IZBICKI; SANTOS, 2019, p. 25) - empregado nesta pesquisa, as análises não apenas confirmaram os resultados das análises anteriores, mas trouxeram maior nível de detalhe, sendo revelados padrões/grupos: correlação entre D2 e D3 (sobrepostas na *PCA*); regiões Norte e Nordeste correlacionam-se à D1, Sul à D2 e D3, Sudeste e Centro-Oeste à D4 (seção 6.2, matrizes de confusão, Figura 11 e Variáveis Canônicas com *biplot*, Gráfico 7).

4.13 Gráfico de Uniformidade de Shewhart

Construímos um Gráfico de Uniformidade de *Shewhart*. A partir dele é possível revelar os valores esperados no índice para estabelecimentos *benchmarks* (modelo) e estabelecimentos-problema (do inglês *issue*). O Gráfico de Uniformidade de *Shewhart* foi construído a partir da identificação de diferenças entre as regiões no Gráfico de Variáveis Canônicas com *biplot*, por Gustavo Nazato Furlan, Gabriel Adrián Sarriés e Gabriela Maria Leme Trivellato, usando o Excel. Encontra-se na Seção 6.2, Gráfico 9.

Os gráficos de controle estão entre as principais ferramentas do Controle Estatístico de Processo (CEP), sendo os mais utilizados no monitoramento de processos (NOMELINI; FERREIRA; OLIVEIRA, 2009).

O gráfico de controle (GC), também conhecido como gráfico de controle de *Shewhart*, é uma técnica estatística usada para medição e análise do comportamento de um processo. O GC é um gráfico que consiste numa linha central (LC), um limite inferior de controle (LIC) e um limite superior de controle (LSC), e valores do parâmetro de interesse (uma característica do processo) grafados sequencialmente ao longo do tempo, que representam o estado atual de um processo (NOMELINI; FERREIRA; OLIVEIRA, 2009, p. 415).

³⁸ Encontra-se na Seção 6.2, Gráfico 8 desta dissertação.

Nomelini, Ferreira e Oliveira (2009) lembram Werkema (1995), segundo o qual, os gráficos de controle são interpretados pela utilização de padrões de não aleatoriedade.

A causa aleatória (ou comum) de variação é uma fonte de variação imprevisível, inerente ao processo, que afeta todos os valores individuais de uma determinada característica deste, sob medição. Causas atribuíveis (especiais, assinaláveis ou ainda identificáveis) de variação constituem um fator identificável oriundo de eventos passageiros, que gera variações não aleatórias (padrões anormais dos dados) que afetam o processo de maneira previsível. A remoção completa de causas especiais de variação deve ser feita para que se tenha um processo estável, condição essencial para a implementação de melhoria neste processo. A identificação das causas especiais e o monitoramento para prevenção é feito por meio do CEP e sua principal ferramenta, os gráficos de controle, com a identificação dos padrões de não aleatoriedade (NOMELINI; FERREIRA; OLIVEIRA, 2009, p. 415).

Nomelini, Ferreira e Oliveira (2009) lembram Lourenço Filho (1976), que aponta que, por meio do exame de amostras periodicamente extraídas, verifica-se se o processo produtivo encontra-se sob controle.

o gráfico de controle é o teste da hipótese de que o processo está em estado de controle estatístico, hipótese nula, ou está fora de controle estatístico, hipótese alternativa. A interpretação dos gráficos de controle e a definição do momento em que o processo se encontra fora de controle são feitas por meio do exame da ocorrência (ou não) dos padrões de não aleatoriedade (NOMELINI; FERREIRA; OLIVEIRA, 2009, p. 415).

Para isso, “a característica de qualidade do conjunto dos itens produzidos” deve possuir distribuição normal (NOMELINI; FERREIRA; OLIVEIRA, 2009, p. 415).

Quando a variabilidade se torna anormal, as amostras indicarão que o processo de fabricação se modificou e ficou fora de controle. Segundo (...) [Costa, Epprecht e Carpinetti (2004)], nos estudos de gráficos de controle de *Shewhart* é necessário que os valores observados da variável monitorada sejam independentes. Em consequência, espera-se que as variáveis sejam estacionárias e não correlacionadas, para se ter eficiência em detectar condições de fora de controle de modo confiável (Montgomery, 2004). (NOMELINI; FERREIRA; OLIVEIRA, 2009, p. 415).

O controle Estatístico de Processo (CEP) visa “auxiliar no controle eficaz da qualidade do produto e seus processos produtivos, usando a estatística como metodologia para analisar as limitações do processo” (NOMELINI; FERREIRA; OLIVEIRA, 2009, p. 414). A utilização do CEP permite “controlar características significativas do produto e do processo, em tempo real, garantindo níveis de qualidade, a um custo suportado pelo mercado” (NOMELINI; FERREIRA; OLIVEIRA, 2009, p. 414).

Segundo Montgomery (2004), o processo de fabricação deve ser estável e todos os indivíduos envolvidos no processo (incluindo operadores, engenheiros, pessoal da garantia da qualidade e gerência) devem procurar,

continuamente, melhorar o desempenho do processo e reduzir a variabilidade nos parâmetros-chave. O CEP é uma ferramenta primordial para a obtenção desse objetivo e considerada uma das mais importantes na metodologia Seis Sigma (NOMELINI; FERREIRA; OLIVEIRA, 2009, p. 414).

Nomelini, Ferreira e Oliveira (2009) resumiram os métodos descritos por Werkema (1995) para procura de padrões de não aleatoriedade – os quais são indícios de falta de controle do processo produtivo. São seis estes métodos: 1. Pontos fora dos limites de controle; 2. Padrões cíclicos ou de periodicidade; 3. Sequência ou deslocamento de nível do processo; 4. Tendência; 5. Mistura ou aproximação dos limites de controle; 6. Estratificação ou aproximação da linha média.

Os pontos fora dos limites de controle são a “indicação mais evidente de falta de controle de um processo, exigindo investigação imediata da causa de variação assinalável responsável pela sua ocorrência” (NOMELINI; FERREIRA; OLIVEIRA, 2009, p. 415). Podem ter sido causados por: a) erros no registro de dados; b) erros de cálculos; c) erros de medição; d) instrumento descalibrado; e) erro do operador; f) defeitos nos equipamentos (*op. cit.*).

Os padrões cíclicos ou de periodicidade ocorrem quando “os pontos, repetidamente, apresentam uma tendência para cima e para baixo, em intervalos de tempo que têm, aproximadamente, a mesma amplitude” (NOMELINI; FERREIRA; OLIVEIRA, 2009, p. 415). As causas desses padrões podem estar em: a) mudanças sistemáticas nas condições ambientais; b) cansaço do operador (*op. cit.*).

A sequência ou deslocamento de nível do processo caracteriza-se por “vários pontos consecutivos do gráfico de controle [aparecerem] em apenas um dos lados da linha média”. Consideram-se anormais as sequências de: a) sete ou mais pontos consecutivos; b) “uma sequência com menos de sete pontos consecutivos, em que pelo menos dez de onze pontos consecutivos aparecem do mesmo lado da linha média”; c) “pelo menos doze de quatorze pontos consecutivos aparecem em um mesmo lado da linha média”; d) “pelo menos dezesseis de vinte pontos consecutivos aparecem em um mesmo lado da linha média” (NOMELINI; FERREIRA; OLIVEIRA, 2009, p. 415).

A tendência constitui-se num “movimento contínuo dos pontos do gráfico de controle em uma direção ascendente ou descendente” (NOMELINI; FERREIRA; OLIVEIRA, 2009, p. 415).

A mistura ou aproximação dos limites de controle ocorre “quando os pontos tendem a cair próximo ou levemente fora dos limites de controle, com relativamente poucos pontos próximos da linha média”. Pode-se caracterizar, por exemplo, por duas distribuições

sobrepostas, causadas, em certos casos, por “duas máquinas trabalhando de maneira diferente” (NOMELINI; FERREIRA; OLIVEIRA, 2009, p. 415).

A estratificação ou aproximação da linha média ocorre quando “a maioria dos pontos está próximo da linha média, apresentando uma variabilidade menor do que a esperada” (NOMELINI; FERREIRA; OLIVEIRA, 2009, p. 415). A causa disso pode estar em: a) erro nos cálculos dos limites de controle; b) formação inadequada dos subgrupos racionais (amostras) (*op. cit.*). Logo, “a aproximação da linha média não significa estar sob controle, mas, sim, a mistura de dados provenientes de populações distintas” (*op. cit.*).

5. MÉTODOS: ELABORAÇÃO DO SISTEMA DE AVALIAÇÃO PONDERADA DA MFA

5.1 Considerações iniciais

Nesta seção apresentamos as etapas para construção do Sistema de Avaliação Ponderada da MFA³⁹.

O índice foi testado a partir dos resultados preliminares do Censo Agropecuário 2017, do IBGE (2019a) - e duas tabelas da PNAD (Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios) (PNAD IBGE, 2019) - repetindo a aplicação para os 26 estados brasileiros e Distrito Federal. A partir do teste, um banco de dados foi construído em arquivos .txt e .arff – *software* Weka (WAIKATO UNIVERSITY, 2019), utilizando o Notepad ++; 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, 2019a; MANLY; ALBERTO, 2017; LATTIN; CARROLL; GREEN, 2011; IME USP, 2020).

Os detalhes relativos aos dados utilizados a partir do Censo Agropecuário 2017, do IBGE (2019a) e das duas tabelas da PNAD (PNAD IBGE, 2019), assim como os resultados das análises por *Machine Learning* e por estatística não paramétrica, uni e multivariada serão apresentados no capítulo 6.

Reed et. al. (2005), Marzall (1999) e Deponti, Córdula e Azambuja (2002) defendem que os indicadores de sustentabilidade agrícola devem ser definidos em função das condições específicas de cada ambiente investigado. Para Cândido et. al. (2015), tal orientação dificulta a comparação entre diferentes contextos. Conforme Rao e Rogers (2006), o uso de indicadores e critérios padronizados em nível local pode favorecer a aplicação dos resultados nos âmbitos nacional e global. Acreditamos que o desenvolvimento de um sistema de avaliação ponderada da MFA pode representar uma ferramenta importante a nível nacional, permitindo comparações entre desempenhos de estados e regiões no âmbito do estudo da MFA.

³⁹ Como detalhado no capítulo 4, a construção do índice baseou-se: 1. na Matriz de Eisenhower para gerenciamento de risco e listagem de prioridades (WEBINSIDER, 2019); 2. no sistema FSC (Forest Stewardship Council), certificação canadense para área florestal, segundo a qual a produção deve ser ambientalmente correta, socialmente justa e economicamente viável (WWF, 2019; FSC, 2019); 3. no princípio da média ponderada (MUNIZ, 2019; LEVINE *et al.*, 2015) e; 4. na Escala de Likert (SURVEYMONKEY, 2019). Apresentaremos neste capítulo o processo de construção desse índice.

O primeiro passo para construção do Sistema de Avaliação Ponderada da MFA foi selecionar os indicadores para compor o sistema de avaliação considerando os trabalhos e definições pertinentes à MFA⁴⁰, a citar os trabalhos de: Journal Resolis (2020); Capellesso, Cazella e Rover (2014); Darolt (2001; 2013); Silva Silveira (2018); Retière (2014); Crouzoulon (2019); Demattê Filho (2014); Chiodi, Moruzzi Marques e Muradian (2018); Lopes e Contini (2012); Franco Alves e Malagodi (2014); Demattê Filho e Marques (2011); Carneiro e Maluf (2003); Lacerda e Moruzzi Marques (2008); Roux e Fournel (2003); Laurent (2000a; 2000b)⁴¹.

⁴⁰ Devemos fazer uma ressalva neste texto evitando dissonâncias de interpretação quanto a determinados termos empregados. A centralidade deste estudo está na definição de MFA de Carneiro e Maluf (2003). Quando tratamos, por exemplo, da Dimensão “Segurança alimentar das famílias rurais e da sociedade”, referimo-nos à definição desses autores sobre segurança alimentar.

⁴¹ JOURNAL RESOLIS. **Alimentation responsable et durable**. (online). Disponível em: <<https://www.resolis.org/programme/alimentation-responsable-et-durable/3>>. Acesso em: 29 mar. 2019.

CAPELLESSO, A. J.; CAZELLA, A. A.; ROVER, O. J. Estratégias técnico-econômicas divergentes entre agricultores familiares e políticas públicas: qual desenvolvimento é sustentável?. In: **IX Congresso Sociedades Rurais Latinoamericanas: Diversidades, Contrastes y Alternativas**. Ciudad del Mexico: Alasru, 2014. 25p.

DAROLT, M. R. **As dimensões da Sustentabilidade: Um Estudo da Agricultura Orgânica na Região Metropolitana de Curitiba, Paraná**. Tese (Doutorado em Meio Ambiente e Desenvolvimento). Universidade Federal do Paraná e Universidade Paris VII. Curitiba, 2001. 310p.

DAROLT, M. R. Circuitos curtos de comercialização de alimentos ecológicos: reconectando produtores e consumidores. In: NIEDERLE, P. A. *et al.* **Agroecologia: práticas, mercados e políticas para uma nova agricultura**. Curitiba: Kairós, p. 139-170, 2013.

SILVA SILVEIRA, M. **Qualidade dos alimentos e sua construção social: o sistema de inspeção municipal e as feiras dos produtores na aglomeração urbana de Piracicaba**. 2018. 113p. Dissertação (Mestrado em Ciências). Piracicaba: Programa de Pós-Graduação Interunidades em Ecologia Aplicada ESALQ-CENA, Universidade de São Paulo. 2018.

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

CROUZOUOLON, P. **A implantação da Indicação Geográfica do queijo da Canastra sob as luzes da multifuncionalidade da agricultura: a vaca dos queijos de ouro**. 2019. 222p. Dissertação (Mestrado em Ciências). Piracicaba: Programa de Pós-Graduação Interunidades em Ecologia Aplicada ESALQ-CENA, Universidade de São Paulo. 2019.

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.

Em seguida, desenvolvemos matrizes de ponderação para cada indicador.

Este índice 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 rural.

Relembrar estes conceitos é importante por situarmos as definições que utilizaremos nesse texto.

Por "reprodução socioeconômica das famílias rurais", entende-se que deve existir no meio rural geração de trabalho e renda que permitam às famílias rurais manterem-se no campo em condições dignas. A "promoção da segurança alimentar das próprias famílias rurais e da sociedade" refere-se à garantia da segurança alimentar em termos de disponibilidade, acesso e

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.

LOPES, Maurício Antônio; CONTINI, Elisio. Agricultura, sustentabilidade e tecnologia. **Agroanalysis**, v. 32, n. 02, p. 27-34, 2012.

DEMATTE FILHO, L. C.; MORUZZI MARQUES, P. E. Multifuncionalidade e sustentabilidade na avicultura alternativa: Multifuncionalidade, Desenvolvimento Territorial e Sustentabilidade. **Segurança Alimentar e Nutricional**. Campinas, v. 18, n.2, p. 1-11, 2011.

FRANCO ALVES, Arilde; MALAGODI, Edgard Afoinso. Multifuncionalidade da Agricultura: retórica ou ferramenta de análise do Desenvolvimento Rural? **REVISTA ALASRU - Análisis Latinoamericano del Medio Rural**. Nueva Época, n.9, p. 117-137, 2014.

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

LACERDA, Tatiana Ferreira Nobre; MORUZZI MARQUES, Paulo Eduardo. Agricultura orgânica, representação territorial e reprodução social da agricultura familiar: os agricultores ecologistas da Encosta da Serra Geral em Santa Catarina. **Revista Ruris**, v. 2, p. 137-158, 2008.

ROUX, Bernard; FOURNEL, Estelle. Multifuncionalidade e emprego nos estabelecimentos rurais franceses: um estudo nas zonas montanhosas de LanguedocRoussillon. In: CARNEIRO, M.J.; MALUF, R.S. **Para além da produção: multifuncionalidade e agricultura familiar**. Rio de Janeiro: Mauad, p. 169-199, 2003.

LAURENT, Catherine. **La multifunctionnalité de l'agriculture**. Paris: Inra-SAD, 2000a.

LAURENT, Catherine. L'exploitation agricole au cœur du développement local Français et Européen. **Revue d'économie régionale et urbaine**, n. 3, p. 427-442, 2000b.

qualidade dos alimentos. A "manutenção do tecido social e cultural" apresenta a agricultura como principal fator definidor de identidade social das famílias rurais brasileiras, sendo por meio desta condição – de agricultor que se definiu como tal – que ocorre a inserção social destas famílias e definição dos seus padrões de sociabilidade. Em "preservação dos recursos naturais e da paisagem rural", consideram-se as contribuições (ou danos) da agricultura para a paisagem rural e o patrimônio natural. O uso dos recursos naturais e a preservação da paisagem rural são fatores essenciais para a reprodução das famílias rurais (*op. cit.*, p. 148). O processo de seleção dos indicadores e distribuição das ponderações foi pautado por esta definição.

5.2 As quatro dimensões: ponderações e indicadores

A definição das ponderações partiu inicialmente das dimensões. Considerando os trabalhos e definições pertinentes à MFA, notamos que a dimensão "Manutenção do tecido social e cultural" deveria ter papel fundamental no índice, pois ela impulsiona as demais. Inicialmente, tendo forte influência sobre a dimensão "Preservação dos recursos naturais e da paisagem rural". Acreditamos que o paradigma de desenvolvimento defendido pelo gestor do estabelecimento agropecuário, pela comunidade de agricultores ou pelo administrador do município ou estado determina seu posicionamento em relação à "Preservação dos recursos naturais e da paisagem rural".

Por sua vez, a "Reprodução socioeconômica das famílias rurais" e a "Promoção da segurança alimentar das próprias famílias rurais e da sociedade" dependem da "Preservação dos recursos naturais e da paisagem rural". Isto porque defendemos que a sobrevivência dessa comunidade de agricultores depende da preservação dos recursos naturais⁴².

Nesse sentido, as questões sócio-culturais tem grande valor para a MFA, constituindo-se na mola propulsora de sua manutenção.

A matriz de correlação entre dimensões, da Figura 10, da seção 6.2 confirma essa interpretação ao apontar as correlações positivas altamente significativas entre as dimensões, exceto entre D1 e D4. Acreditamos que a ausência de correlação positiva altamente significativa entre D1 e D4 confirma nossa hipótese de que as questões sócio-culturais (dimensão D3) que impulsionam o favorecimento da preservação ambiental e da segurança alimentar.

⁴² Detalhes dessa discussão podem ser revisitados no capítulo 2 dessa dissertação.

Figura 3 - A dimensão "Manutenção do tecido social e cultural" como pilar de sustentação para a manutenção das demais funções componentes da MFA. Fonte: Elaboração da autora.

A partir disso, propusemos as ponderações das dimensões do índice:

Figura 4 - Ponderações das dimensões do índice. Fonte: Elaboração da autora, usando o GoConqr (2020).

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:

Figura 5 - Número de subindicadores do índice para avaliação da MFA. Fonte: Elaboração da autora, usando o GoConqr (2020).

5.3 As interdependências entre indicadores na construção de um índice

Marzall e Almeida (2000) reconhecem a importância de se considerar não somente a análise de indicadores, mas também as interações entre os diferentes indicadores dentro de uma mesma dimensão e também a existência de interações entre os indicadores de dimensões diferentes. Por isso, neste índice, preocupamo-nos em contemplar essas interdependências. Sendo assim, o sistema proposto para avaliar a MFA funda-se numa análise sistêmica, conforme recomendam Marzall e Almeida (2000).

Alguns exemplos disso, o indicador "Aumento da autonomia dos produtores" que compõe a dimensão "Reprodução socioeconômica das famílias rurais", porque é instrumento de geração de trabalho e renda que permite às famílias rurais manterem-se no campo em condições dignas (CARNEIRO; MALUF, 2003, p. 137). Mas este indicador é fundamental para a dimensão "Promoção da segurança alimentar das próprias famílias rurais e da sociedade", pois viabiliza a garantia da segurança alimentar tanto em termos de disponibilidade e acesso e aos alimentos quanto a sua qualidade (CARNEIRO; MALUF, 2003, p. 142) Logo, no sistema, a valoração deste indicador irá favorecer duas dimensões consideradas como principais funções da MFA na realidade rural brasileira.

Outra interdependência entre indicadores ocorre na dimensão "Manutenção do tecido social e cultural". O indicador "Fortalecimento da identidade cultural dos agricultores" é considerado como um fator de avaliação nos indicadores "Aumento da auto-estima dos agricultores" e "Conservação da cultura local", além dos demais fatores que compõem estes dois indicadores. Deste modo, inserimos a questão das interações entre indicadores dentro do próprio sistema de avaliação.

O indicador "Ordenação do equilíbrio social", da dimensão "Manutenção do tecido social e cultural" tem como fatores de avaliação as outras três dimensões que compõem o sistema: a) "reprodução socioeconômica das famílias rurais"; b) "promoção da segurança alimentar das próprias famílias rurais e da sociedade"; d) "preservação dos recursos naturais e da paisagem rural".

Na dimensão "Preservação dos recursos naturais e da paisagem rural", os indicadores "reapropriação dos territórios rurais pelos agricultores" e "Uso eficiente dos recursos do ecossistema" são fatores de avaliação do indicador "preservação da paisagem rural".

A dimensão "Preservação dos recursos naturais e da paisagem rural" torna-se um indicador da dimensão "Reprodução socioeconômica das famílias rurais", visto que, na própria definição, considera-se que o uso dos recursos naturais e a preservação da paisagem rural são

fatores que proporcionam a reprodução das famílias rurais. (CARNEIRO; MALUF, 2003, p. 148).

5.4 Os vinte pontos essenciais para análise da MFA

Para valoração dos subindicadores, são considerados 20 pontos que contemplam questões essenciais para análise da MFA. Estão separados em seis grupos⁴³. Na Tabela 1, descrevemos os 20 pontos em formato de questionário. A proposta é que este questionário possa ser utilizado por demais pesquisadores da área ligada ao estudo da MFA, aplicando-o junto aos agricultores, utilizando a Escala de Likert proposta na Tabela 13, seção 6.2.

No Grupo 1, consideram-se pontos relativos ao empoderamento dos agricultores: 1. Territórios rurais em poder dos agricultores (considera-se o risco de sair do estabelecimento, por razões como não ter quem produza/ falta de mão-de-obra; pressão externa); 2. Contribuição da ação coletiva para que os territórios rurais estejam em poder dos agricultores (considera-se a contribuição da comunidade de agricultores para continuidade na atividade agrícola); 3. Instituições que apoiem a permanência na terra (seja indústria/ poder público/ universidade); 4. Instituições que apoiem a atividade produtiva (assistência técnica/ extensão rural).

No Grupo 2, pontos relacionados às questões culturais: 5. Ações para valorização da identidade cultural dos agricultores (eventos e atividades que giram em torno da atividade produtiva); 6. Acesso à educação (escola nas proximidades dos estabelecimentos agropecuários); 7. Acesso à saúde (posto de saúde nas proximidades).

No Grupo 3, pontos relacionados ao bem-estar dos agricultores: 8. Produção de alimentos orgânicos para a comunidade de agricultores; 9. Busca por trabalho não relacionado com a atividade produtiva para incremento da renda (pluriatividades); 10. Capacidade de retornar à atividade agrícola/resiliência (considera-se a dependência de tecnologia externa para produzir); 11. Comprometimento da renda para aquisição de alimentos.

No Grupo 4, os pontos consideram a autonomia produtiva nos estabelecimentos: 12. Nível de verticalização da produção; 13. Implementação de circuitos curtos de comercialização; 14. Comprometimento da renda para aquisição de insumos externos; 15. Existência de ações para reduzir a dependência de insumos externos (instituições que ajudam a reduzir a compra de insumos externos e utilizar os disponíveis no estabelecimento); 16. Fortalecimento da ação

⁴³ A seleção desses 20 pontos contou com o apoio do Dr Ademir de Lucas. A elaboração do índice, o uso da escala de Likert e uso de princípios da Estatística para embasamento teórico da construção deste índice contaram com o apoio do Prof Dr Gabriel Adrián Sarriés.

coletiva (participa de cooperativa/ organização/ associação ou grupo que ajude na aquisição de insumos/ de benefícios diretos na propriedade - mutirão para colheita/ arrumar a estrada).

O Grupo 5 contempla o papel dos agricultores na manutenção dos serviços ecossistêmicos: 17. Água; 18. Áreas de Preservação Permanente; 19. Reserva Legal.

O Grupo 6 considera o bem-estar da sociedade, resumindo-se ao ponto 20: Produção de alimentos orgânicos para a sociedade externa (venda).

Tabela 1 - Os 20 pontos considerados essenciais para análise da MFA.

(continuação)

Os vinte pontos essenciais para análise da MFA			DESCRIÇÃO DO PONTO: Informação que se pretende obter (como se fosse perguntado para o agricultor/proprietário do estabelecimento)
Número do ponto	NOME DO PONTO O que se deseja avaliar		
GRUPO 1: Questões de empoderamento dos agricultores	1	Territórios rurais em poder dos agricultores	1. Você corre risco de ter que sair da terra/propriedade/estabelecimento? Qual ameaça? (não ter quem produza/ falta de mão-de-obra; latifundiários; indústria; poder público - específico para assentados)
	2	Papel da ação coletiva dos agricultores para que os territórios rurais estejam em poder dos agricultores	2. Os agricultores e a comunidade contribuem para que você continue na atividade agrícola?
	3	Instituições que apoiem a permanência dos agricultores na terra	3. Você recebeu/recebe apoio de alguma entidade para permanecer na propriedade/estabelecimento (uma indústria/poder público/latifundiários?) Se sim, de onde partem essas ações (prefeitura, universidade?)
	4	Ações que apoiem os agricultores para permanecerem na atividade produtiva/ trabalho de extensão	4. Você recebeu apoio de alguma instituição para continuar produzindo? Se sim, de onde partem essas ações (prefeitura, universidade?)

Fonte: Elaboração da autora.

Tabela 1 - Os 20 pontos considerados essenciais para análise da MFA.

(continuação)

Os vinte pontos essenciais para análise da MFA			
	Número do ponto	NOME DO PONTO O que se deseja avaliar	DESCRIÇÃO DO PONTO: Informação que se pretende obter (como se fosse perguntado para o agricultor/proprietário do estabelecimento)
GRUPO 2: Questões culturais	5	Ações para valorização da identidade cultural dos agricultores	5. Há eventos e atividades que giram em torno da atividade produtiva (festas locais)?
	6	Valorização dos produtores: ACESSO À EDUCAÇÃO	6. Há escola nas proximidades das propriedades/estabelecimentos?
	7	Valorização dos produtores: ACESSO À SAÚDE	7. Há posto de saúde nas proximidades das propriedades?/estabelecimentos?
GRUPO 3: Bem-estar dos agricultores	8	Produção de alimentos orgânicos para a comunidade de agricultores	8. Você utiliza adubos químicos, agrotóxicos nos alimentos que produz para a sua família?
	9	Busca por trabalho não relacionado com a atividade produtiva para incremento da renda	9. Na família, alguém trabalha fora da agricultura?
	10	Capacidade de retornar à atividade agrícola (resiliência)	10. A produção depende de tecnologia externa?
	11	Dependência do mercado (comprometimento da renda) para aquisição de alimentos	11. Quais alimentos você produz para o seu consumo (da família)? - compromete boa parte da renda para adquirir alimentos?

Fonte: Elaboração da autora.

Tabela 1 - Os 20 pontos considerados essenciais para análise da MFA.

(continuação)

Os vinte pontos essenciais para análise da MFA			DESCRIÇÃO DO PONTO: Informação que se pretende obter (como se fosse perguntado para o agricultor/proprietário do estabelecimento)
Número do ponto	NOME DO PONTO O que se deseja avaliar		
GRUPO 4: Autonomia produtiva para os agricultores	12	Verticalização da produção (agricultores em poder dos diversos estágios produtivos - beneficiamento, comercialização)	12. Você realiza beneficiamento de algum produto para o comércio? Se sim, quais são eles?
	13	Verticalização da produção/ circuitos curtos de comercialização	13. Você/ sua família comercializa diretamente os produtos?
	14	Dependência do mercado (comprometimento da renda) para aquisição de insumos externos	14. Que tipo de insumo externo você adquire? - compromete renda com compra de insumos externos?
	15	Ações que reduzam a dependência do mercado para aquisição de insumos externos	15. Há instituições que o ajudam a reduzir a compra de insumos externos e utilizar os disponíveis na propriedade/ estabelecimento? Se sim, de onde partem essas ações (prefeitura, universidade?)
	16	Fortalecimento da ação coletiva: PARTICIPA DE COOPERATIVA/ ASSOCIAÇÃO/GRUPO	16. Você participa de alguma cooperativa/ organização/ associação ou grupo que o ajuda na aquisição de insumos ou de benefícios diretos na propriedade (se juntam em mutirão para colheita ou para arrumar a estrada, por exemplo)

Fonte: Elaboração da autora.

Tabela 1 - Os 20 pontos considerados essenciais para análise da MFA.

(conclusão)

Os vinte pontos essenciais para análise da MFA			
	Número do ponto	NOME DO PONTO O que se deseja avaliar	DESCRIÇÃO DO PONTO: Informação que se pretende obter (como se fosse perguntado para o agricultor/proprietário do estabelecimento)
GRUPO 5: Papel dos agricultores na manutenção da biodiversidade	17	Papel dos agricultores na Manutenção/melhoria dos serviços ecossistêmicos (água)	17. O que você faz na sua propriedade/ estabelecimento para melhorar a qualidade da água?
	18	Papel dos agricultores na Manutenção/melhoria dos serviços ecossistêmicos (APPs – Áreas de Preservação Permanente)	18. O que você faz na sua propriedade/estabelecimento para preservar as Áreas de Preservação Permanente?
	19	Papel dos agricultores na Manutenção/melhoria dos serviços ecossistêmicos (RL –Reserva Legal)	19. O que você faz na sua propriedade/ estabelecimento para preservar a Reserva Legal?
GRUPO 6: Bem-estar da sociedade	20	Preocupação em produzir alimentos orgânicos para a sociedade externa	20. Você utiliza adubos químicos, agrotóxicos nos alimentos que produz para venda?

Fonte: Elaboração da autora.

5.5 Participação dos vinte pontos essenciais para análise da MFA na composição do valor final de índice

Cada um dos 70 subindicadores do índice foi valorado individualmente, a partir da combinação dos 20 pontos. A combinação desses dados foi utilizada para compor os valores de subindicadores, indicadores e dimensões. Isto serviu para que a construção do índice contemplasse a interdependência entre os indicadores - fator de grande importância na construção de indicadores de sustentabilidade ambiental (Marzall e Almeida, 2000).

A valoração dos subindicadores é realizada de forma direta e indireta. Chamamos diretamente pois os valores dos pontos participam diretamente como subindicadores do índice. Indiretamente, os valores desses pontos participariam como componentes dos indicadores e dimensões que atuam como subindicadores ou indicadores em uma mesma ou de outra dimensão.

Se considerarmos a participação de cada um dos 20 pontos essenciais para análise da MFA na composição final do índice, obteríamos o ranking da Tabela 2, na página seguinte, de modo que a participação direta dos 20 pontos essenciais para análise da MFA corresponderia, portanto, a 38,47% do valor do índice final.

Tabela 2 - Participação de cada um dos 20 pontos essenciais para análise da MFA na composição final do índice. Da maior para a menor (em decimais)

Participação dos 20 pontos	Número do ponto / Descrição
0,079875	1, territórios rurais em poder dos agricultores
0,0385	3, instituições que apoiem a permanência dos agricultores na terra
0,0295	5, ações para valorização da identidade cultural dos agricultores
0,028375	19, papel dos agricultores na Manutenção/melhoria dos serviços ecossistêmicos (RL – Reserva Legal)
0,0255	7, Valorização dos produtores: acesso à saúde
0,024	6, Valorização dos produtores: acesso à educação
0,021	17, Papel dos agricultores na Manutenção/melhoria dos serviços ecossistêmicos (água)
0,020875	18, Papel dos agricultores na Manutenção/melhoria dos serviços ecossistêmicos (APPs – Áreas de Preservação Permanente)
0,01725	8, Produção de alimentos orgânicos para a comunidade de agricultores
0,01675	20, Preocupação em produzir alimentos orgânicos para a sociedade externa
0,01575	2, Papel da ação coletiva dos agricultores para que os territórios rurais estejam em poder dos agricultores
0,01225	4, Ações que apoiem os agricultores para permanecerem na atividade produtiva/trabalho de extensão
0,01125	11, Dependência do mercado (comprometimento da renda) para aquisição de alimentos
0,01125	15, Ações que reduzam a dependência do mercado para aquisição de insumos externos
0,00825	9, Busca por trabalho não relacionado com a atividade produtiva para incremento da renda
0,006375	16, Fortalecimento da ação coletiva
0,006	14, Dependência do mercado (comprometimento da renda) para aquisição de insumos externos
0,0045	10, Capacidade de retornar à atividade agrícola (resiliência)
0,0045	13, Verticalização da produção/ circuitos curtos de comercialização
0,003	12, Verticalização da produção (agricultores em poder das diversos estágios produtivos - beneficiamento, comercialização)
TOTAL =	
0,38475	

Fonte: Elaboração da autora.

Ao considerarmos a utilização indireta dos 20 pontos essenciais para análise da MFA, os indicadores e dimensões que atuam como subindicadores ou indicadores em uma mesma ou de outra dimensão, por sua vez, correspondem a 62,42% do valor do índice final, conforme a Tabela 3. Lembramos que fizemos esta separação entre participação direta e indireta porque os indicadores e dimensões que atuam como indicadores ou dimensões são compostos pela combinação dos 20 pontos. Logo, extrair deles os pontos que compõem o seu valor contribuiria em pouco para a participação dos 20 pontos, ao passo que seria mais expressiva conforme apresentado na Tabela 3, na qual podemos visualizar a importância dos indicadores 4 e 11 neste

índice, assim como a importância da dimensão “Preservação dos recursos naturais e da paisagem rural”.

Tabela 3 - Participação dos indicadores e dimensões enquanto suindicadores ou indicadores na composição final do índice (participação indireta dos 20 pontos essenciais para análise da MFA). Destacamos as linhas referentes aos indicadores (4 e 11) que possuem maior participação na composição do valor final do índice, assim como a participação da dimensão “Preservação dos recursos naturais e da paisagem rural”.

Participação	Número do indicador/dimensão	Descrição
0,15	DIMENSÃO 4	Preservação dos recursos naturais e da paisagem rural
0,132	INDICADOR 4	Aumento da qualidade de vida dos agricultores
0,09	INDICADOR 11	Fortalecimento da identidade cultural dos agricultores
0,06675	INDICADOR 13	Conservação da cultura local, da dimensão "Manutenção do tecido social e cultural"
0,054	INDICADOR 2	Diminuição da assimetria informacional
0,043	INDICADOR 1	Minimização das pluriatividades
0,042	INDICADOR 3	Aumento da autonomia dos agricultores
0,0315	INDICADOR 16	Territórios rurais em poder dos agricultores
0,018	DIMENSÃO 2	Promoção da segurança alimentar das próprias famílias rurais e da sociedade
0,015	INDICADOR 8	Ações para viabilizar a proximidade entre produtores e consumidores (circuitos curtos)
0,012	DIMENSÃO 1	Reprodução socioeconômica das famílias rurais
Total=0,65425		

Fonte: Elaboração da autora.

Sendo assim, as participações direta e indireta representam 100% ⁴⁴ do valor do índice.

⁴⁴ O somatório corresponde a 100,9% (somatório dos totais das tabelas 3 e 4: $0,38475 + 0,62425 = 1,009$) de contribuição para a composição do valor final do índice, o que consideraremos como objetivo alcançado de que as ponderações foram realizada calculadas como esperado, correspondendo a 100% de contribuição no valor final do índice para avaliação da MFA.

5.6 Participação dos quatro grandes conjuntos de informações coletadas a partir dos dados preliminares do Censo Agropecuário 2017, do IBGE (2019) e duas tabelas da PNAD (PNAD IBGE, 2019)

A valoração de cada um dos 20 pontos dos vinte pontos essenciais para análise da MFA foi feita a partir dos dados preliminares do Censo Agropecuário 2017, do IBGE (2019a) e duas tabelas da PNAD (Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios) (PNAD IBGE, 2019)⁴⁵.

As informações selecionadas pertencem, em sua maioria, à quatro conjuntos de informações, respondendo a 25% do valor final do índice (considerando a contribuição direta dos pontos para composição do valor final), conforme a Tabela 4:

Tabela 4 - Os quatro grandes conjuntos de informações coletadas a partir dos dados preliminares do Censo Agropecuário 2017, do IBGE (2019a) e duas tabelas da PNAD (Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios) (PNAD IBGE, 2019).

Conjuntos principais de informações	
Preservação/preocupação ambiental	0,07235
Recebimento de assistência técnica	0,069031833
Ligação à cooperativas/associações	0,066516667
Uso de agrotóxicos	0,0424
Total	0,2502985

Fonte: Elaboração da autora.

A Tabela 5 apresenta cada um dos 20 pontos essenciais para análise da MFA conforme a sua contribuição para composição do valor final do índice (em decimais). A tabela tem continuidade nas próximas páginas, iniciando com o ponto com maior contribuição, o ponto 1 (territórios rurais em poder dos agricultores, conforme Tabela 2), seguido dos pontos 3 (instituições que apoiem a permanência dos agricultores na terra) e 5 (ações para valorização da identidade cultural dos agricultores).

⁴⁵ Na época de coleta de dados desta pesquisa, foram utilizadas as tabelas referentes ao ano de 2015 (PNAD IBGE, 2019). Utilizamos (por estados e Distrito Federal) a tabelas: 7.5c - Domicílios particulares permanentes, por classes de rendimento mensal domiciliar, segundo a situação do domicílio e algumas características do domicílio na área rural; e Tabela 4.23 - Pessoas de 15 anos ou mais de idade, ocupadas na semana de referência, por posição na ocupação no trabalho principal, segundo o sexo e os grupamentos de atividade do trabalho principal para total agrícola como atividade principal.

Tabela 5 - Informações das tabelas IBGE e PNAD utilizadas para compor o valor dos 20 pontos essenciais para análise da MFA. Os 20 pontos que pertencem aos quatro grandes conjuntos de informações da Tabela 4, estão destacados por suas respectivas cores

(continuação)

Ponderação	Número do ponto	INFORMAÇÕES extraídas das TABELAS IBGE e PNAD para responder ao ponto
0,079875	1	Tabela 6710 Terras Próprias
		Tabela 6710 Concedidas por órgão fundiário ainda sem titulação definitiva
		Tabela 6710 Terras Ocupadas
		TABELA 6651 Recebimento de assistência técnica - sim
		TABELA 6651 Associação do produtora cooperativa
		TABELA 6651 Associação do produtor a entidade de classe - sindicato
0,0385	3	TABELA 6651 Associação do produtor a associações/ movimento de produtores
		TABELA 6651 Associação do produtor a associações de moradores
0,0295	5	Tabela 6708 - Orientação técnica recebida
		TABELA 6651 Obtenção de informação - reuniões técnicas/seminários
0,028375	19	Tabela 6792 - Serviço de turismo rural
		Tabela 6792 Atividade de artesanato, tecelagem, etc.
0,028375	19	Tabela 6722 - Matas ou florestas - matas ou florestas naturais destinadas à preservação permanente ou reserva legal TOTAL DE ESTABELECIMENTOS/QUE RECEBEM PSA/ FRAÇÃO
		Tabela 6722 Manejo florestal

Fonte: Elaboração da autora.

Tabela 5 - Informações das tabelas IBGE e PNAD utilizadas para compor o valor dos 20 pontos essenciais para análise da MFA. Os 20 pontos que pertencem aos quatro grandes conjuntos de informações da Tabela 4, estão destacados por suas respectivas cores

(continuação)

Ponderação	Número do ponto	INFORMAÇÕES extraídas das TABELAS IBGE e PNAD para responder ao ponto
0,0255	7	<p>Tabela 7.5c PNAD - SANEAMENTO BÁSICO TOTAL ANALISADO RURAL</p> <p>Tabela 7.5c PNAD - FOSSA RUDIMENTAR</p> <p>Tabela 7.5c PNAD - NÃO TEM ESGOTAMENTO SANITÁRIO</p> <p>Tabela 6709 - existência de energia elétrica POSSUEM</p> <p>TABELA 6643 Existência de telefone - sim</p> <p>TABELA 6643 Existência de e-mail - sim</p> <p>TABELA 6643 Acesso à internet - sim</p>
0,024	6	<p>TABELA 6708 Nunca frequentou a escola</p> <p>TABELA 6708 Regular do ensino fundamental ou 1º grau</p> <p>TABELA 6708 EJA - educação de jovens e adultos e supletivo do ensino fundamental ou do 1º grau</p> <p>TABELA 6708 Regular de ensino médio ou 2º grau</p> <p>TABELA 6708 Técnico de ensino médio ou do 2º grau</p> <p>TABELA 6708 EJA - Educação de jovens e adultos e supletivo do ensino médio ou do 2º grau</p> <p>TABELA 6708 Superior - graduação</p> <p>TABELA 6708 Mestrado ou doutorado</p>
0,021	17	<p>Tabela 6792 - Recebe Pagamento por Serviços Ambientais TOTAL DE ESTABELECIMENTOS/QUE RECEBEM PSA/FRAÇÃO</p> <p>6655 TABELA Existência de nascentes no estabelecimento - sim, protegida por mata</p> <p>TABELA 6655 Existência de rios/riachos no estabelecimento - sim, protegida por mata</p> <p>Tabela 6654 - Proteção e/ou conservação de encostas</p> <p>Tabela 6654 - Recuperação de mata ciliar</p> <p>Tabela 6654 - Reflorestamento para proteção de nascentes</p> <p>Tabela 6654 - Estabilização de voçorocas</p> <p>Tabela 6654 - Manejo florestal</p>

Fonte: Elaboração da autora.

Tabela 5 - Informações das tabelas IBGE e PNAD utilizadas para compor o valor dos 20 pontos essenciais para análise da MFA. Os 20 pontos que pertencem aos quatro grandes conjuntos de informações da Tabela 4, estão destacados por suas respectivas cores

(continuação)

Ponderação	Número do ponto	INFORMAÇÕES extraídas das TABELAS IBGE e PNAD para responder ao ponto
0,020875	18	Tabela 6722 - Matas ou florestas - matas ou florestas naturais destinadas à preservação permanente ou reserva legal TOTAL DE ESTABELECIMENTOS/QUE RECEBEM PSA/ FRAÇÃO Tabela 6654 - Proteção e/ou conservação de encostas Tabela 6654 - Recuperação de mata ciliar Tabela 6654 - Reflorestamento para proteção de nascentes Tabela 6654 - Estabilização de voçorocas Tabela 6654 - Manejo florestal
0,01725	8	TABELA 6652 Agricultura/pecuária orgânica - não faz TABELA 6653 Uso de agrotóxicos - sim Tabela 6791 - Despesa para compra de agrotóxicos TOTAL DE ESTABELECIMENTOS/QUE TEM DESPESAS
0,01675	20	TABELA 6653 Uso de agrotóxicos - sim Tabela 6791 - Despesa para compra de agrotóxicos TOTAL DE ESTABELECIMENTOS/QUE TEM DESPESAS

Fonte: Elaboração da autora.

Tabela 5 - Informações das tabelas IBGE e PNAD utilizadas para compor o valor dos 20 pontos essenciais para análise da MFA. Os 20 pontos que pertencem aos quatro grandes conjuntos de informações da Tabela 4, estão destacados por suas respectivas cores

(continuação)

Ponderação	Número do ponto	INFORMAÇÕES extraídas das TABELAS IBGE e PNAD para responder ao ponto
0,01575	2	Tabela 6708 - Orientação técnica recebida de cooperativa
		TABELA 6660 Uso de instalação de beneficiamento - sim, Comunitária Pública (instalação de uso comunitário)
		TABELA 6660 Uso de instalação de beneficiamento - sim, Comunitária Privada (cooperativa, sindicatos, etc)
		TABELA 6651 Obtenção de informação - reuniões técnicas/seminários
		TABELA 6651 Associação do produtor a cooperativa TABELA 6651 Associação do produtor a entidade de classe - sindicato TABELA 6651 Associação do produtor a associações/movimento de produtores TABELA 6651 Associação do produtor a associações de moradores
0,01225	4	Tabela 6708 - Orientação técnica recebida
		TABELA 6651 Obtenção de informação - reuniões técnicas/seminários
		TABELA 6651 Associação do produtor a cooperativa
		TABELA 6651 Associação do produtor a entidade de classe - sindicato
		TABELA 6651 Associação do produtor a associações/movimento de produtores TABELA 6651 Associação do produtor a associações de moradores
0,01125	11	TABELA 6649 Finalidade principal da produção agropecuária do estabelecimento - consumo próprio e de pessoas com laços de parentescos com o produtor
		Tabela 4.23 PNAD TOTAL AGRÍCOLA COMO ATIVIDADE PRINCIPAL <i>PRODUÇÃO AGRÍCOLA VOLTADA PARA O CONSUMO PRÓPRIO</i>
0,01125	15	Tabela 6708 - Orientação técnica recebida TOTAL DE ESTABELECIMENTOS/QUE RECEBEM APOIO/FRAÇÃO

Fonte: Elaboração da autora.

Tabela 5 - Informações das tabelas IBGE e PNAD utilizadas para compor o valor dos 20 pontos essenciais para análise da MFA. Os 20 pontos que pertencem aos quatro grandes conjuntos de informações da Tabela 4, estão destacados por suas respectivas cores

(continuação)

Ponderação	Número do ponto	INFORMAÇÕES extraídas das TABELAS IBGE e PNAD para responder ao ponto
0,00825	9	Tabela 6792 - TOTAL OUTRAS RECEITAS Rendas obtidas em atividades fora do estabelecimento- TABELA 6649 Atividades desenvolvidas no estabelecimento como principal fonte de renda - sim TABELA 6649 Atividades desenvolvidas no estabelecimento como principal fonte de renda - não
0,006375	16	TABELA 6651 Origem da assistência técnica - cooperativas TABELA 6651 Associação do produtor a cooperativa TABELA 6651 Associação do produtor a entidade de classe - sindicato TABELA 6651 Associação do produtor a associações/movimento de produtores TABELA 6651 Associação do produtor a associações de moradores
0,006	14	Tabela 6722 - Sistemas agroflorestais - área cultivada com espécies florestais também usada para lavouras e pastoreio por animais TOTAL DE ESTABELECIMENTOS/QUE RECEBEM APOIO/FRAÇÃO TABELA 6640 Número de estabelecimentos agropecuários que utilizaram plantio direto na palha (Unidades) TABELA 6653 Adubação - sim, adubação química TABELA 6653 Uso de agrotóxicos - sim TABELA 6640 Número de estabelecimentos agropecuários que utilizaram cultivo convencional (Unidades)

Fonte: Elaboração da autora.

Tabela 5 - Informações das tabelas IBGE e PNAD utilizadas para compor o valor dos 20 pontos essenciais para análise da MFA. Os 20 pontos que pertencem aos quatro grandes conjuntos de informações da Tabela 4, estão destacados por suas respectivas cores

(conclusão)

Ponderação	Número do ponto	INFORMAÇÕES extraídas das TABELAS IBGE e PNAD para responder ao ponto
0,0045	10	Tabela 6722 - Sistemas agroflorestais - área cultivada com espécies florestais também usada para lavouras e pastoreio por animais TOTAL DE ESTABELECIMENTOS ANALISADO/QUE RECEBEM APOIO/FRAÇÃO
		TABELA 6653 Adubação - sim, adubação orgânica
		TABELA 6640 Número de estabelecimentos agropecuários que utilizaram plantio direto na palha (Unidades)
		TABELA 6653 Adubação - sim, adubação química TABELA 6640 Número de estabelecimentos agropecuários que utilizaram cultivo convencional (Unidades)
0,0045	13	TABELA 6791 Total estabelecimentos agropecuários por tipo de despesa <i>Transporte da produção</i>
		TABELA 6649 Finalidade principal da produção agropecuária do estabelecimento - comercialização da produção (inclusive troca ou escambo)
0,003	12	TABELA 6660 Uso de instalação de beneficiamento - sim, própria (instalação do próprio estabelecimento agropecuário)
		TABELA 6660 Uso de instalação de beneficiamento - sim, Comunitária Pública (instalação de uso comunitário)
		TABELA 6660 Uso de instalação de beneficiamento - sim, Comunitária Privada (cooperativa, sindicatos, etc)
		TABELA 6660 Uso de instalação de beneficiamento - sim, de terceiros (instalação pertencente a outro estabelecimento)
TOTAL (Participação dos pontos no valor final do índice) =		0,38475

Fonte: Elaboração da autora.

Na Tabela 6, Participação dos Conjuntos principais de informações sobre Participação dos pontos no valor final do índice.

Tabela 6 - Participação dos Conjuntos principais de informações sobre Participação dos pontos no valor final do índice.

Conjuntos principais de informações	RANKING das ponderações dos Conjuntos principais de informações	Participação dos pontos no valor final do índice	Participação dos Conjuntos principais de informações sobre Participação dos pontos no valor final do índice
Preservação/preocupação ambiental	0,07235	0,38475	18,80441845
Recebimento de assistência técnica	0,069031833	0,38475	17,94199697
Ligação à cooperativas/Associações	0,066516667	0,38475	17,28828243
Uso de agrotóxicos	0,0424	0,38475	11,02014295
Total	0,2502985	0,38475	65,05484081
Significa que esses quatro Conjuntos principais de informações representam 65% das informações coletadas das tabelas do IBGE/PNAD			

Fonte: Elaboração da autora.

5.7 As ponderações dentro das quatro dimensões do índice

As quatro figuras em sequência apresentam os cinco indicadores utilizados para compor o valor de cada uma das quatro dimensões do índice. Em seguida, nas tabelas apresentadas nesta seção, tratamos das ponderações subindicadores por cada uma das quatro dimensões. No final desta seção, realizamos uma breve discussão a respeito do indicador relativo à renda nos estabelecimentos, alvo de maiores discussões durante o Exame de Qualificação desta dissertação.

A escolha dos indicadores respeitou a definição dos papéis essenciais de MFA na realidade rural brasileira, conforme Maria José Carneiro e Renato Maluf (2003). Logo, o processo de seleção dos indicadores e distribuição das ponderações foi pautado pelas respectivas definições.

Dimensão relativa à “reprodução socioeconômica das famílias rurais”: o termo remete às possibilidades de geração de trabalho e renda no meio rural que permitam às famílias rurais manterem-se no campo em condições dignas (CARNEIRO; MALUF, 2003, p. 137).

Dimensão 2: "promoção da segurança alimentar das próprias famílias rurais e da sociedade" refere-se à garantia da segurança alimentar em termos de disponibilidade, acesso e qualidade dos alimentos (CARNEIRO; MALUF, 2003, p. 142).

A "manutenção do tecido social e cultural" (Dimensão 3) apresenta a agricultura como principal fator definidor de identidade social das famílias rurais brasileiras, sendo por meio desta condição – de agricultor que se definiu como tal – que ocorre a inserção social destas famílias e definição dos seus padrões de sociabilidade (CARNEIRO; MALUF, 2003).

Em "preservação dos recursos naturais e da paisagem rural" (Dimensão 4), consideram-se as contribuições (ou danos) da agricultura para a paisagem rural e o patrimônio natural. O uso dos recursos naturais e a preservação da paisagem rural são fatores essenciais para a reprodução das famílias rurais (CARNEIRO; MALUF, 2003, p. 148). O processo de seleção dos indicadores e distribuição das ponderações foi pautado por esta definição.

A seguir, as dimensões e seus respectivos indicadores. Cada uma é composta por cinco indicadores.

Figura 6 - Os cinco indicadores da Dimensão 1. Fonte: Elaboração da autora, usando o GoConqr (2020).

Figura 7 - Os cinco indicadores da Dimensão 2. Fonte: Elaboração da autora, usando o GoConqr (2020).

Figura 8 - Os cinco indicadores da Dimensão 3. Fonte: Elaboração da autora, usando o GoConqr (2020).

Figura 9 - Os cinco indicadores da Dimensão 4. Fonte: Elaboração da autora, usando o GoConqr (2020).

Nas tabelas seguintes, apresentamos os pontos da MFA utilizados para compor a valoração dos subindicadores nas quatro dimensões. E a participação (em porcentagem) no valor final do índice. A coluna “Ponderação final”, na tabela, refere-se à participação de cada subindicador no valor final do índice. Os subindicadores estão descritos conforme os pontos utilizados para compô-los e o nome do indicador.

Na Tabela 7, representada a Dimensão 1, com os seus indicadores 1, 2, 3, 4 e 5. Na segunda coluna, temos os subindicadores utilizados para avaliar cada indicador. Por exemplo, o indicador 1 é avaliado por três subindicadores. Um deles é outro indicador, o indicador 3, respeitando o processo de interdependência entre indicadores, necessário na construção de índices de sustentabilidade ambiental (MARZALL; ALMEIDA, 2000).

Tabela 7 - Participação dos subindicadores no valor final do índice, Dimensão 1: Reprodução socioeconômica das famílias rurais

(continuação)							
Dimensão 1	Subindicador (por aspecto avaliado)	Subindicador (por pontos contemplado, dos 20 essenciais)	Peso subindicador	Peso indicador na dimensão	Total	Peso dimensão no índice	Peso final
Indicador 1	Renda suficiente advinda da atividade produtiva	9	0,25	0,1	0,025	0,15	0,003 75
	Apoio aos agricultores para produzir em tempo integral em suas unidades (ações que apoiam os agricultores para permanecer na atividade produtiva)	2 E 4	0,3	0,1	0,015	0,15	0,002 25
	Aumento da autonomia dos produtores	Indicador 3	0,2	0,1	0,02	0,15	0,003
		1 E 16	0,25	0,1	0,0125	0,15	0,001 875

Fonte: Elaboração da autora.

Tabela 7 - Participação dos subindicadores no valor final do índice, Dimensão 1: Reprodução socioeconômica das famílias rurais

(continuação)

Dimensão 1	Subindicador (por aspecto avaliado)	Subindicador (por pontos contemplado, dos 20 essenciais)	Peso subindicador	Peso indicador na dimensão	Total	Peso dimensão no índice	Peso final
Indicador 2	Trabalho de extensão realizado por universidades, institutos ou empresas de assistência técnica rural	3 E 4	0,2	0,1	0,01	0,15	0,001 5
	Aumento/ manutenção da capacidade de retornar à atividade agrícola (resiliência)	10 E 16	0,2	0,1	0,01	0,15	0,001 5
	Verticalização da produção	12 E 13	0,2	0,1	0,01	0,15	0,001 5
	Redução da dependência do mercado (comprometimento da renda) para aquisição de alimentos	11	0,2	0,1	0,02	0,15	0,003
	Redução da dependência do mercado (comprometimento da renda) para aquisição de insumos externos	14	0,2	0,1	0,02	0,15	0,003

Fonte: Elaboração da autora.

Tabela 7 - Participação dos subindicadores no valor final do índice, Dimensão 1: Reprodução socioeconômica das famílias rurais

(continuação)

Dimensão 1	Subindicador (por aspecto avaliado)	Subindicador (por pontos contemplado, dos 20 essenciais)	Peso subindicador	Peso indicador na dimensão	Total	Peso dimensão no índice	Peso final
Indicador 3	Verticalização da produção	12 e 13	0,1	0,2	0,01	0,15	0,0015
	Capacidade de retornar à atividade agrícola (resiliência)	10 e 16	0,2	0,2	0,02	0,15	0,003
	Diversificação da produção	9 e 11	0,1	0,2	0,01	0,15	0,0015
	Renda suficiente advinda da atividade produtiva	9	0,1	0,2	0,02	0,15	0,003
	Redução da dependência do mercado (comprometimento da renda) para aquisição de alimentos	11	0,1	0,2	0,02	0,15	0,003
	Redução da dependência do mercado (comprometimento da renda) para aquisição de insumos externos	14	0,1	0,2	0,02	0,15	0,003
	Diminuição da assimetria informacional	Indicador 2	0,1	0,2	0,02	0,15	0,003
	Ações para viabilizar a proximidade entre produtores e consumidores (circuitos curtos)	Indicador 8	0,1	0,2	0,02	0,15	0,003
	Ações (poder público etc.) que reduzam a dependência do mercado para aquisição de insumos externos	15	0,1	0,2	0,02	0,15	0,003

Fonte: Elaboração da autora.

Tabela 7 - Participação dos subindicadores no valor final do índice, Dimensão 1: Reprodução socioeconômica das famílias rurais

(conclusão)							
Dimensão 1	Subindicador (por aspecto avaliado)	Subindicador (por pontos contemplado, dos 20 essenciais)	Peso subindicador	Peso indicador na dimensão	Total	Peso dimensão no índice	Peso final
Indicador 4	Minimização das pluriatividades	Indicador 1	0,1	0,2	0,02	0,15	0,003
	Diminuição da assimetria informacional	Indicador 2	0,1	0,2	0,02	0,15	0,003
	Aumento da autonomia dos produtores	Indicador 3	0,1	0,2	0,02	0,15	0,003
	papel dos agricultores na Manutenção/melhoria dos serviços ecossistêmicos	18, 19 e 20	0,4	0,2	0,02666667	0,15	0,004
	Utilização de agrotóxicos	8 e 20	0,3	0,2	0,03	0,15	0,0045
Indicador 5	Preservação dos recursos naturais e da paisagem rural	Dimensão 4		0,4	0,4	0,15	0,06

Fonte: Elaboração da autora.

Na Tabela 8, representada a Dimensão 2, com os seus indicadores 6, 7, 8, 9 e 10. Na segunda coluna, temos os subindicadores utilizados para avaliar cada indicador. O indicador 6, por exemplo, é avaliado por quatro subindicadores.

Notar que o indicador 7, como exemplo, tem como um de seus subindicadores outro indicador, o indicador 4, respeitando o processo de interdependência entre indicadores, necessário na construção de índices de sustentabilidade ambiental (MARZALL; ALMEIDA, 2000).

Tabela 8 - Participação dos subindicadores no valor final do índice, Dimensão 2: Promoção da segurança alimentar das próprias famílias rurais e da sociedade.

(continuação)

Dimensão 2	Subindicador (por aspecto avaliado)	Subindicador (por ponto contemplado)	Peso subindicador	Peso indicador na dimensão	Total	Peso dimensão no índice	Peso final
Indicador 6	Produção de alimentos orgânicos para a comunidade de agricultores	8	0,25	0,1	0,025	0,15	0,00375
	Produção de alimentos orgânicos para a sociedade externa	20	0,25	0,1	0,025	0,15	0,00375
	Ações que reduzam a dependência do mercado para aquisição de insumos externos	15	0,25	0,1	0,025	0,15	0,00375
	Dependência do mercado (comprometimento da renda) para aquisição de alimentos	11	0,25	0,1	0,025	0,15	0,00375

Fonte: Elaboração da autora.

Tabela 8 - Participação dos subindicadores no valor final do índice, Dimensão 2: Promoção da segurança alimentar das próprias famílias rurais e da sociedade.

(continuação)

Dimensão 2	Subindicador (por aspecto avaliado)	Subindicador (por ponto contemplado)	Peso subindicador	Peso indicador na dimensão	Total	Peso dimensão no índice	Peso final
Indicador 7	Produção de alimentos orgânicos para a comunidade de agricultores	8	0,15	0,2	0,03	0,15	0,0045
	Aumento da qualidade de vida dos agricultores, dimensão reprodução socioeconômica das famílias rurais	Indicador 4	0,2	0,2	0,04	0,15	0,006
	Papel dos agricultores na manutenção/melhoria dos serviços ecossistêmicos (água)	17	0,25	0,2	0,05	0,15	0,0075
	Papel dos agricultores na manutenção/melhoria dos serviços ecossistêmicos (RL –reserva legal)	19	0,25	0,2	0,05	0,15	0,0075
	Preocupação em produzir alimentos orgânicos para a sociedade externa	20	0,15	0,2	0,03	0,15	0,0045

Fonte: Elaboração da autora.

Tabela 8 - Participação dos subindicadores no valor final do índice, Dimensão 2: Promoção da segurança alimentar das próprias famílias rurais e da sociedade.

(continuação)

Dimensão 2	Subindicador (por aspecto avaliado)	Subindicador (por ponto contemplado)	Peso subindicador	Peso indicador na dimensão	Total	Peso dimensão no índice	Peso final
Indicador 8	Ações para viabilizar a proximidade entre produtores e consumidores (circuitos curtos)	13	0,1	0,1	0,01	0,15	0,0015
	Instituições que apoiem a permanência dos agricultores na terra	3	0,4	0,1	0,04	0,15	0,006
	Ações que apoiem os agricultores para permanecerem na atividade produtiva/ trabalho de extensão	4	0,3	0,1	0,03	0,15	0,0045
	Ações para valorização da identidade cultural dos agricultores	5	0,1	0,1	0,01	0,15	0,0015
	Valorização dos produtores: acesso à saúde	7	0,1	0,1	0,01	0,15	0,0015

Fonte: Elaboração da autora.

Tabela 8 - Participação dos subindicadores no valor final do índice, Dimensão 2: Promoção da segurança alimentar das próprias famílias rurais e da sociedade.

(conclusão)

Dimensão 2	Subindicador (por aspecto avaliado)	Subindicador (por ponto contemplado)	Peso subindicador	Peso indicador na dimensão	Total	Peso dimensão no índice	Peso final
Indicador 9	Aumento da autonomia dos produtores, da dimensão reprodução socioeconômica das famílias rurais	Indicador 4		0,2	0,2	0,15	0,03
Indicador 10	Preservação dos recursos naturais e da paisagem rural	Dimensão 4		0,4	0,4	0,15	0,06

Fonte: Elaboração da autora.

Na Tabela 9, a seguir, representada a Dimensão 3, com os seus indicadores 11, 12, 13, 14 e 15. Na segunda coluna, temos os subindicadores utilizados para avaliar cada indicador. Por exemplo, o indicador 11 é avaliado por três subindicadores. Um deles é outro indicador, o 8, respeitando o processo de interdependência entre indicadores, necessário na construção de índices de sustentabilidade ambiental (MARZALL; ALMEIDA, 2000).

Tabela 9 - Participação dos subindicadores no valor final do índice, Dimensão 3: Manutenção do tecido social e cultural.

							(continuação)
Dimensão 3	Subindicador (por aspecto avaliado)	Subindicador (por ponto contemplado)	Peso subindicador	Peso indicador na dimensão	Total	Peso dimensão no índice	Peso final
Indicador 11	Ações para aumentar o número de eventos e atividades que giram em torno da atividade produtiva (festas locais)	3, 4 e 5	0,1	0,3	0,01	0,4	0,004
	Indicador 4 aumento da qualidade de vida dos agricultores, dimensão reprodução socioeconômica das famílias rurais	Indicador 4	0,5	0,3	0,15	0,4	0,06
	Ações (podr público etc.) Para valorização da identidade cultural dos agricultores	5, 6 e 7	0,3	0,3	0,03	0,4	0,012
	Indicador 8, dimensão seg alimentar ações para viabilizar a proximidade entre produtores e consumidores (circuitos curtos)	Indicador 8	0,1	0,3	0,03	0,4	0,012

Fonte: elaboração da autora.

Tabela 9 - Participação dos subindicadores no valor final do índice, Dimensão 3: Manutenção do tecido social e cultural.

(continuação)							
Dimensão 3	Subindicador (por aspecto avaliado)	Subindicador (por ponto contemplado)	Peso subindicador	Peso indicador na dimensão	Total	Peso dimensão no índice	Peso final
Indicador 12	Valorização da atividade agrícola pela sociedade local	6 e 7	0,1	0,3	0,03	0,4	0,012
	Valorização da atividade agrícola pela sociedade externa	4 e 5	0,1	0,3	0,03	0,4	0,012
	Indicador 4 aumento da qualidade de vida dos agricultores, dimensão reprodução socioeconômica das famílias rurais	Indicador 4	0,3	0,3	0,09	0,4	0,036
	Indicador 3 aumento da autonomia dos agricultores, dimensão reprodução socioeconômica das famílias rurais	Indicador 3	0,3	0,3	0,09	0,4	0,036
	Indicador 11 fortalecimento da identidade cultural dos agricultores	Indicador 11	0,1	0,3	0,03	0,4	0,012
	Indicador 2 diminuição da assimetria informacional, dimensão reprodução socioeconômica das famílias rurais	Indicador 2	0,1	0,3	0,03	0,4	0,012

Fonte: elaboração da autora.

Tabela 9 - Participação dos subindicadores no valor final do índice, Dimensão 3: Manutenção do tecido social e cultural.

							(conclusão)
Dimensão 3	Subindicador (por aspecto avaliado)	Subindicador (por ponto contemplado)	Peso subindicador	Peso indicador na dimensão	Total	Peso dimensão no índice	Peso final
Indicador 13	Permanência dos agricultores na terra	1	0,7	0,15	0,105	0,4	0,042
	Indicador 11 fortalecimento da identidade cultural dos agricultores	Indicador 11	0,3	0,15	0,045	0,4	0,018
Indicador 14	Dimensão reprodução socioeconômica das famílias rurais	Dimensão 1	0,2	0,15	0,03	0,4	0,012
	Dimensão promoção da segurança alimentar das próprias famílias rurais e da sociedade	Dimensão 2	0,3	0,15	0,045	0,4	0,018
	Forte relação com a dimensão preservação dos recursos naturais e da paisagem rural	Dimensão 4	0,5	0,15	0,075	0,4	0,03
Indicador 15	Indicador 1 minimização das pluriatividades, da dimensão "reprodução socioec das famílias rurais"	Indicador 1		0,1	0,1	0,4	0,04

Fonte: elaboração da autora.

Na Tabela 10, representada a Dimensão 4, com os seus indicadores 16, 17, 18, 19 e 20. Na segunda coluna, temos os subindicadores utilizados para avaliar cada indicador. Por exemplo, o indicador 16 é avaliado por quatro subindicadores.

O indicador 17, por exemplo, tem como um de seus subindicadores outro indicador, o indicador 2, respeitando o processo de interdependência entre indicadores, necessário na construção de índices de sustentabilidade ambiental (MARZALL; ALMEIDA, 2000).

Tabela 10 - Participação dos subindicadores no valor final do índice, Dimensão 4: Preservação dos recursos naturais e da paisagem rural.

(continuação)

Dimensão 4	Subindicador (por aspecto avaliado)	Subindicador (por ponto contemplado)	Peso subindicador	Peso indicador na dimensão	Total	Peso dimensão no índice	Peso final
Indicador 16	Fortalecimento da ação coletiva dos agricultores para reapropriação dos territórios rurais	2	0,15	0,3	0,045	0,3	0,013 5
	Permanência das pessoas no campo para assegurar a preservação dos espaços rurais	1	0,4	0,3	0,12	0,3	0,036
	Papel dos agricultores na manutenção da biodiversidade dos territórios	17, 18 e 19	0,15	0,3	0,015	0,3	0,004 5
	Ações que apoiem a permanência dos agricultores na terra	3	0,3	0,3	0,09	0,3	0,027

Fonte: Elaboração da autora.

Tabela 10 - Participação dos subindicadores no valor final do índice, Dimensão 4: Preservação dos recursos naturais e da paisagem rural.

							(continuação)
Dimensão 4	Subindicador (por aspecto avaliado)	Subindicador (por ponto contemplado)	Peso subindicador	Peso indicador na dimensão	Total	Peso dimensão no índice	Peso final
Indicador 17	Manutenção/ melhoria dos serviços ecossistêmicos (água)	17	0,2	0,15	0,03	0,3	0,009
	Manutenção/ melhoria dos serviços ecossistêmicos (APPs – áreas de preservação permanente)	18	0,2	0,15	0,03	0,3	0,009
	Manutenção/ melhoria dos serviços ecossistêmicos (RL – reserva legal)	19	0,2	0,15	0,03	0,3	0,009
	Uso da agroecologia para apropriação adequada do ecossistema	8 e 15	0,2	0,15	0,015	0,3	0,004 5
	Indicador 2 diminuição da assimetria informacional, dimensão reprodução socioeconômica das famílias rurais	Indicador 2	0,2	0,15	0,03	0,3	0,009

Fonte: Elaboração da autora.

Tabela 10 - Participação dos subindicadores no valor final do índice, Dimensão 4: Preservação dos recursos naturais e da paisagem rural.

							(conclusão)
Dimensão 4	Subindicador (por aspecto avaliado)	Subindicador (por ponto contemplado)	Peso subindicador	Peso indicador na dimensão	Total	Peso dimensão no índice	Peso final
Indicador 18	Preservação da heterogeneidade da paisagem	18 e 19	0,15	0,15	0,01125	0,3	0,003375
	Indicador 13 conservação da cultura local, da dimensão "manutenção do tecido social e cultural"	Indicador 13	0,15	0,15	0,0225	0,3	0,00675
	Territórios rurais em poder dos agricultores	Indicador 16	0,7	0,15	0,105	0,3	0,0315
Indicador 19	Fortalecimento da identidade cultural dos agricultores, da dimensão "manutenção do tecido social e cultural"	Indicador 11		0,2	0,2	0,3	0,06
Indicador 20	Conservação da cultura local, da dimensão "manutenção do tecido social e cultural"	Indicador 13		0,2	0,2	0,3	0,06

Fonte: Elaboração da autora.

O principal ponto de discussão relativo às ponderações nas dimensões⁴⁶ tratou da ponderação do fator renda, da dimensão 1 (expresso no subindicador “Renda suficiente advinda da atividade produtiva 9”, do indicador 1). Questionava-se se não deveria receber uma importância maior dentro do índice.

Explicamos aqui, com um trecho de Sonia Bergamasco e Osmar de Carvalho Bueno (2008), tratando dos resultados do estudo “Agricultura familiar da Baixada Serrana de Botucatu (SP): integração, intervenção e organização” (BUENO, 1994):

⁴⁶ Tratado no Exame de Qualificação, realizado em 29 abr. 2020.

(...) dos vinte produtores entrevistados, oito registraram renda brutal mensal superior a 3 salários mínimos, variando entre 3,1 e 15, e é necessário citar que dois produtores não souberam informar esse valor. A renda mensal líquida desse grupo variou entre 0,3 a 3,1 salários mínimos.

Os dez produtores restantes, com renda bruta mensal inferior a três salários mínimos (variando entre 0,9 a 2,7), registraram uma variação de renda líquida também mensal entre zero e 1,2 salário, e chamou a atenção o número de unidades (6) que declararam não possuir renda líquida mensal alguma. Convém ressaltar que se trata de uma renda líquida monetária, uma vez que estes produtores obtêm rendas indiretas principalmente em função da produção para auto-abastecimento da unidade.

A terra, principal meio de produção da agricultura familiar da Baixada Serrana, é o que assegura a reprodução social da família. Ela é a base na qual o proprietário rural garante um mínimo de renda pela força de seu trabalho e da família. Mesmo em condições adversas quanto à produção mercantil, com a propriedade da terra, o sustento da família pode ser garantido via produção para autoconsumo.

Por outro lado, todas as melhorias efetivadas e investimentos realizados na unidade carregam o esforço em comum dispendido pela família. Ao mesmo tempo, representam uma 'lapidação' no meio de produção que será deixado como herança aos filhos, não apenas patrimonial, mas também cultural e de subsistência (BERGAMASCO; BUENO, 2008, p. 133-134).

Sendo assim, nesse subindicador, não avaliamos diretamente o fator renda como indicativo de sucesso em prol do favorecimento da MFA. Isso se deu por dois fatores.

O primeiro trata de que não realizamos uma distinção entre os estabelecimentos agropecuários considerados na avaliação, pois a intenção de nossa pesquisa era avaliar o grau de favorecimento da MFA como um todo. Logo, não desenvolvemos diferentes fatores de avaliação porque o intuito era justamente estabelecer comparações, o que requer o uso de um denominador comum. Esta opção foi embasada pela discussão sobre o desenvolvimento de indicadores de sustentabilidade ambiental. Se por um lado, Reed et. al. (2005), Marzall (1999) e Deponti, Córdula e Azambuja (2002) defendem que os indicadores de sustentabilidade agrícola devem ser definidos em função das condições específicas de cada ambiente investigado. Para Cândido et. al. (2015), tal orientação dificulta a comparação entre diferentes contextos. Conforme Rao e Rogers (2006), o uso de indicadores e critérios padronizados em nível local pode favorecer a aplicação dos resultados nos âmbitos nacional e global.

Tendo optado por trabalhar com toda classe de estabelecimento agropecuário, não poderíamos considerar a renda como fator de sucesso na MFA, porque justamente estamos trabalhando com todo tipo de estabelecimento e não somente os de agricultores familiares. Ou seja, grandes latifúndios monocultores possuem altos lucros e não favorecem os princípios da MFA. Ou mesmo se estivéssemos trabalhando somente com agricultores familiares, sabe-se

que, muitas vezes, o sucesso financeiro desses agricultores deve-se à subordinação à agroindústria. A exemplo disso, Alfio Brandenburg (2008) lembra seu estudo sobre os colonos do sudoeste do estado do Paraná:

(...) na década de 1970, principalmente, acentua-se um processo de *diferenciação social*, consequência da modernização agrícola. Uma vez que somente alguns colonos seriam capazes de assimilar um novo sistema de produção, quer seja pelo tamanho de suas propriedades ou pela disponibilidade de recursos financeiros, outros seriam excluídos desse processo. Desse modo, os colonos defrontam-se com dificuldades para se reproduzir socialmente, pois seus filhos teriam seu futuro ameaçado pelas restrições impostas pela estrutura fundiária (ABRAMOVAY, 1981). Como não há terras para os filhos dos agricultores, entra em crise o *sistema tradicional de herança* do estatuto familiar, e surgem conflitos nas relações de parentesco (PAPMA, 1992), um dos elementos básicos da estabilidade da vida comunitária (BRANDENBURG, 2008, p. 104-105). (grifos do original)

Desse trecho de Alfio Brandenburg (2008), ficam claros dois pontos: 1. a reprodução econômica dessas famílias não foi ameaçada pela renda, mas pelo acesso à terra; 2. a barreira para sua reprodução social não estava no fator renda, mas aos conflitos familiares. Logo, defendemos aqui que a reprodução econômica não está fixada na renda, mas em outros fatores, sendo eles o principal a terra. E sua reprodução social está fundamentada na “estabilidade da vida comunitária” (BRANDENBURG, 2008, p. 105).

Participar de uma comunidade constituída por uma relação com a natureza em que a terra não tem apenas um significado econômico, por uma relação espiritual ou religiosa capaz de determinar procedimentos na dimensão temporal, por uma relação social que funda, a partir das relações de vizinhança ou parentesco, o sentimento de pertencer a um espaço social, é também participar da construção de um ‘modo de vida’ que faz com que os colonos se identifiquem entre si, uma vez que se opõem a outras classes da sociedade (BRANDENBURG, 2008, p. 106).

E também Angela Duarte Damasceno Ferreira e Magda Zanoni (2008):

Tendo acesso ao mercado externo, diferentes segmentos sociais de agricultores familiares passam a produzir para ele, nem sempre garantindo a sustentabilidade de seus estabelecimentos a médio prazo. Foi o que aconteceu em algumas situações de mercado, por causa de uma conjuntura muito privilegiada de exportação (como o caso da soja no sul na década de 1970, que contou com o incentivo governamental e com a infra-estrutura de cooperativas e associações) ou pela contratação dos agricultores por agroindústrias e firmas comerciais para a produção de determinados produtos exportáveis da fruticultura e da avicultura, entre outros (como o gengibre) (FERREIRA; ZANONI, 2008, p. 17).

O segundo fator para justificar esta opção de ponderação deve-se à forma como esse subindicador é valorado. Obtemos seu valor por meio do ponto 9 (dos pontos considerados essenciais para análise da MFA), que refere-se à “busca por trabalho não relacionado com a

atividade produtiva para incremento da renda”. Logo, nossa preocupação quanto à renda é saber se aquele produtor precisa buscar outras formas de renda além da produtiva, o que implica sabermos que o alvo dessa pesquisa foram produtores que se buscava saber se obtinham renda suficiente ou não, sendo assim, são considerados aqueles agricultores que precisam buscar outras receitas.

Para responder ao ponto 9, foram utilizadas duas tabelas do IBGE (2019a): Tabela 6792 - Número de estabelecimentos agropecuários por outras receitas do estabelecimento e do produtor - resultados preliminares 2017 (IBGE, 2019dd) e a Tabela 6649 - Número de estabelecimentos agropecuários por residência, finalidade da produção e DAP - resultados preliminares 2017 (IBGE, 2019b).

Da Tabela 6792, coletamos a informação “Rendas obtidas em atividades fora do estabelecimento”, que considerou os estabelecimentos que possuíam outras receitas. Esses dados foram combinados com os da Tabela 6649. Duas informações foram consideradas dessa tabela: “Atividades desenvolvidas no estabelecimento como principal fonte de renda – sim” e “Atividades desenvolvidas no estabelecimento como principal fonte de renda – não”.

Do total analisado, nessas tabelas: 30,8% possuía renda de atividades fora do estabelecimento; para 41,7% as atividades desenvolvidas no estabelecimento constituíam-se como principal fonte de renda e; para 58% as atividades desenvolvidas no estabelecimento não eram a principal fonte de renda⁴⁷.

Logo, não se trata de verificar a renda do produtor diretamente. Talvez isso seja possível ao analisarmos agricultores num contexto menos amplo de análise. Mas, uma vez que nos propusemos a comparar desempenhos, precisamos de um mesmo parâmetro de análise. E neste caso, para verificar no subindicador “Renda suficiente advinda da atividade produtiva” não bastava saber a renda desse agricultor e dar uma alta importância a isso, mas verificar a necessidade de buscar outras formas de renda. Além disso, no trecho de Sonia Bergamasco e Osmar de Carvalho Bueno (2008), lembramos que na MFA, pensar em reprodução social ou econômica está muito além de pensar no fator renda.

⁴⁷ Utilizamos essa metodologia para confrontar os dados da pesquisa. Isso é um problema quando pergunta-se se o agricultor utiliza agrotóxico. Ele afirma que não. Mas, ao confrontarmos com os gastos com insumos químicos, notamos uma discrepância entre os dados. Isso se deve ao fato de como realizar a pergunta: o agricultor sabe que agrotóxico não é bem visto, então, ele diz que não usa.

6. RESULTADOS: O SISTEMA DE AVALIAÇÃO PONDERADA DA MFA E OS DADOS PRELIMINARES DO CENSO AGROPECUÁRIO 2017, DO IBGE

6.1 Dados selecionados a partir do IBGE e PNAD para valoração dos 20 pontos essenciais para análise da MFA

Os 20 pontos foram contemplados no teste do índice a partir dos resultados preliminares do Censo Agropecuário 2017 (IBGE, 2019a). Das 40 tabelas relativas às características dos estabelecimentos, 30 foram selecionadas por conterem informações consideradas relevantes para responder aos 20 pontos, sendo elas:

1. Tabela 6649 - Número de estabelecimentos agropecuários por residência, finalidade da produção e DAP - resultados preliminares 2017 (IBGE, 2019b);
2. Tabela 6635 - Número de estabelecimentos agropecuários, Área dos estabelecimentos agropecuários, Área territorial total e Condição legal das terras - resultados preliminares 2017 (IBGE, 2019c);
3. Tabela 6639 - Número de estabelecimentos agropecuários e Número de unidades armazenadoras e capacidade, por tipo de unidade armazenadora - resultados preliminares 2017 (IBGE, 2019d);
4. Tabela 6640 - Número de estabelecimentos agropecuários, Sistema de preparo do solo e Área com plantio direto na palha - resultados preliminares 2017 (IBGE, 2019e);
5. Tabela 6641 - Número de estabelecimentos agropecuários e Número de tratores, implementos e máquinas existentes nos estabelecimentos agropecuários - resultados preliminares 2017 (IBGE, 2019f);
6. Tabela 6642 - Número de estabelecimentos agropecuários e Número de veículos existentes nos estabelecimentos agropecuários - resultados preliminares 2017 (IBGE, 2019g);
7. Tabela 6643 - Número de estabelecimentos agropecuários por telefone, e-mail e internet - resultados preliminares 2017 (IBGE, 2019h);
8. Tabela 6650 - Número de estabelecimentos agropecuários por forma de obtenção das terras - resultados preliminares 2017 (IBGE, 2019i);
9. Tabela 6651 - Número de estabelecimentos agropecuários por associação, uso de energia elétrica, orientação técnica e obtenção de informação - resultados preliminares 2017 (IBGE, 2019j);
10. Tabela 6652 - Número de estabelecimentos agropecuários por uso de agricultura orgânica - resultados preliminares 2017 (IBGE, 2019k);
11. Tabela 6653 - Número de estabelecimentos agropecuários por adubação, calagem e agrotóxicos - resultados preliminares 2017 (IBGE, 2019l);
12. Tabela 6654 - Número de estabelecimentos agropecuários por tipo de prática agrícola - resultados preliminares 2017 (IBGE, 2019m);
13. Tabela 6655 - Número de estabelecimentos agropecuários por nascentes, rios/riachos, poços e cisternas - resultados preliminares 2017 (IBGE, 2019n);
14. Tabela 6657 - Número de estabelecimentos agropecuários por pesca, apanha ou captura de moluscos ou de crustáceos - resultados preliminares 2017 (IBGE, 2019o);

15. Tabela 6660 - Número de estabelecimentos agropecuários por controle de doenças e/ou parasitas, suplementação alimentar e beneficiamento - resultados preliminares 2017 (IBGE, 2019p);
16. Tabela 6707 - Número de estabelecimentos agropecuários, por associação do produtor à cooperativa e/ou à entidade de classe, sexo do produtor, escolaridade do produtor, condição legal do produtor, direção dos trabalhos do estabelecimento agropecuário e grupos de área total - resultados preliminares 2017 (IBGE, 2019q);
17. Tabela 6708 - Número de estabelecimentos agropecuários, por origem da orientação técnica recebida, sexo do produtor, escolaridade do produtor, condição legal do produtor, direção dos trabalhos do estabelecimento agropecuário e grupos de área total - resultados preliminares 2017 (IBGE, 2019r);
18. Tabela 6709 - Número de estabelecimentos agropecuários, por existência de energia elétrica, sexo do produtor, escolaridade do produtor, condição legal do produtor, direção dos trabalhos do estabelecimento agropecuário e grupos de área total - resultados preliminares 2017 (IBGE, 2019s);
19. Tabela 6710 - Número de estabelecimentos agropecuários, Área dos estabelecimentos agropecuários, por condição legal das terras, condição legal do produtor, direção dos trabalhos do estabelecimento agropecuário e grupos de área total - resultados preliminares 2017 (IBGE, 2019t);
20. Tabela 6712 - Número de estabelecimentos agropecuários dirigidos por casais, Área dos estabelecimentos agropecuários dirigidos por casais, por condição legal das terras, sexo do cônjuge do produtor, escolaridade do cônjuge do produtor e origem da orientação técnica recebida - resultados preliminares 2017 (IBGE, 2019u);
21. Tabela 6713 - Número de estabelecimentos agropecuários por contratação de serviços, tipo de prestador de serviços e dias trabalhados, sexo do produtor, escolaridade do produtor, condição legal do produtor e origem da orientação técnica recebida - resultados preliminares 2017 (IBGE, 2019v);
22. Tabela 6722 - Número de estabelecimentos agropecuários e Área dos estabelecimentos, por utilização das terras, condição legal do produtor, direção dos trabalhos do estabelecimento agropecuário e grupos de área total - resultados preliminares 2017 (IBGE, 2019w);
23. Tabela 6763 - Número de estabelecimentos agropecuários e Área dos estabelecimentos, por condição legal do produtor, direção dos trabalhos do estabelecimento agropecuário, origem da orientação técnica recebida e grupos de área de pastagem- resultados preliminares 2017 (IBGE, 2019x);
24. Tabela 6764 - Número de estabelecimentos agropecuários com uso de irrigação e Área irrigada, por método utilizado para irrigação, direção dos trabalhos do estabelecimento agropecuário e origem da orientação técnica recebida - resultados preliminares 2017 (IBGE, 2019y);
25. Tabela 6765 - Número de estabelecimentos agropecuários com uso de irrigação e Área irrigada, por método utilizado para irrigação, grupos de área total e grupos de área de lavoura - resultados preliminares 2017 (IBGE, 2019z);
26. Tabela 6782 - Número de estabelecimentos agropecuários com bovinos, Efetivos, Venda e Produção de leite, por direção dos trabalhos do estabelecimento agropecuário e origem da orientação técnica recebida - resultados preliminares 2017 (IBGE, 2019aa);
27. Tabela 6783 - Número de estabelecimentos agropecuários com bovinos, Efetivos, Venda e Produção de leite, por grupos de área de pastagem e grupos de área total - resultados preliminares 2017 (IBGE, 2019bb);
28. Tabela 6791 - Número de estabelecimentos agropecuários por tipo de despesa - resultados preliminares 2017 (IBGE, 2019cc);

29. Tabela 6792 - Número de estabelecimentos agropecuários por outras receitas do estabelecimento e do produtor - resultados preliminares 2017 (IBGE, 2019dd);
30. Tabela 6618 - Número de estabelecimentos agropecuários e Quantidade produzida, por produtos da agroindústria rural - resultados preliminares 2017 (IBGE, 2019ee).

Além dessas, inspirando-nos no artigo de Kassouf (2005), selecionamos duas tabelas da PNAD (Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios) referentes ao ano de 2015 (PNAD IBGE, 2019): 7.5c - Domicílios particulares permanentes, por classes de rendimento mensal domiciliar, segundo a situação do domicílio e algumas características do domicílio na área rural; e 4.23 - Pessoas de 15 anos ou mais de idade, ocupadas na semana de referência, por posição na ocupação no trabalho principal, segundo o sexo e os grupamentos de atividade do trabalho principal para total agrícola como atividade principal.

Utilizamos 91 informações das referidas tabelas para valorar os 20 pontos em termos de porcentagens sobre o total analisado (por exemplo, número de estabelecimentos que utilizavam insumos químicos sobre o total analisado no estado).

Para responder aos 20 pontos, foram coletadas informações nas tabelas de características dos estabelecimentos referentes aos resultados preliminares do Censo Agropecuário 2017⁴⁸ (IBGE, 2019a). Das 40 tabelas relativas às características dos estabelecimentos, 30 foram selecionadas por conterem informações consideradas relevantes para responder aos 20 pontos⁴⁹. As tabelas encontram-se no Apêndice A.

Selecionamos as tabelas por Brasil, por estados e Distrito Federal. Na Tabela 12, apresentamos as informações coletadas das 30 tabelas, utilizadas para responder cada um dos 20 pontos⁵⁰. Para respondê-los, obtivemos a porcentagem de determinado serviço, fazendo:

⁴⁸ Além disso, o artigo de Kassouf (2005) foi referência para acessarmos o PNAD (Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios). Na época de coleta de dados desta pesquisa, foram utilizadas as tabelas referentes ao ano de 2015 (PNAD IBGE, 2019). Utilizamos (por estados e Distrito Federal) a tabelas: 7.5c - Domicílios particulares permanentes, por classes de rendimento mensal domiciliar, segundo a situação do domicílio e algumas características do domicílio **na área rural**; e Tabela 4.23 - Pessoas de 15 anos ou mais de idade, ocupadas na semana de referência, por posição na ocupação no trabalho principal, segundo o sexo e os grupamentos de atividade do trabalho principal para **total agrícola como atividade principal**.

⁴⁹ No acesso atual do link <<https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/censo-agropecuario/censo-agropecuario-2017#caracteristicas-estabelecimentos>> (IBGE, 2019a), encontram-se os resultados definitivos do Censo Agropecuário 2017. O código de algumas tabelas pode diferir do código nos resultados preliminares, apresentado neste estudo.

⁵⁰ Uma observação importante sobre os cálculos relativos às informações coletadas está em algumas conversões de valores. A escala de Likert usa apenas valores que favorecem a MFA. Por exemplo, no dado “Uso de agrotóxicos – sim” (usado para responder aos pontos 8, 14 e 20), temos a porcentagem que usa agrotóxico dentro do total analisado, por exemplo 33%. Convertemos para Likert, temos 1,6 na

$$(\text{total avaliado/n}^\circ \text{ que possui serviço avaliado}) * 100 = A$$

Em seguida, transformamos o valor para a escala de Likert, fazendo $A * 5/100$. A conversão para a escala de Likert teve o intuito de facilitar a visualização das informações, em termos de favorecimento da MFA, conforme a Tabela 11.

Tabela 11 - Participação dos subindicadores no valor final do índice, Dimensão 4: Preservação dos recursos naturais e da paisagem rural.

Escala de Likert: grau de favorecimento da MFA	
Muitíssimo	5
Muito	4
Teor Médio	3
Pouco	2
Pouquíssimo	1
Nenhum	0

Fonte: Elaboração da autora.

escala. No entanto, uso de agrotóxico desfavorece a MFA, então, fazemos $5 - 1,6 = 3,4$. Logo, neste quesito, grau de favorecimento da MFA encontra-se no teor médio.

Tabela 12 - Informações coletadas das tabelas IBGE e PNAD, utilizadas para responder aos 20 pontos.

(continuação)

Os 20 pontos essenciais para análise da MFA (e respectiva descrição)	INFORMAÇÕES COLETADAS DAS TABELAS	Tabela	nº de informações coletadas para responder cada ponto
Ponto 1: Territórios rurais estão em poder dos agricultores	Estabelecimentos em poder do agricultor (terra própria)	6710	8
	Concedidas por órgão fundiário ainda sem titulação definitiva	6710	
	Ocupadas	6710	
	Recebimento de assistência técnica - sim	6651	
	Associação do produtora - cooperativa	6651	
	Associação do produtor a entidade de classe - sindicato	6651	
	Associação do produtor a associações/movimento de produtores	6651	
	Associação do produtor a associações de moradores	6651	
Ponto 2: Contribuição da ação coletiva dos agricultores para que os territórios rurais estejam em poder deles	Orientação técnica recebida de cooperativa	6708	8
	Uso de instalação de beneficiamento - sim, Comunitária Pública (instalação de uso comunitário)	6660	
	Uso de instalação de beneficiamento - sim, Comunitária Privada (cooperativa, sindicatos, etc)	6660	
	Obtenção de informação - reuniões técnicas/seminários	6651	
	Associação do produtora - cooperativa	6651	
	Associação do produtor a entidade de classe - sindicato	6651	
	Associação do produtor a associações/movimento de produtores	6651	
	Associação do produtor a associações de moradores	6651	

Fonte: Elaboração da autora.

Tabela 12 - Informações coletadas das tabelas IBGE e PNAD, utilizadas para responder aos 20 pontos.

(continuação)

Os 20 pontos essenciais para análise da MFA (e respectiva descrição)	INFORMAÇÕES COLETADAS DAS TABELAS	Tabela	nº de informações coletadas para responder cada ponto
Ponto 3: Recebimento de apoio de alguma entidade para permanecer na propriedade/estabelecimento, como indústria/poder público/latifundiários/universidade	Orientação técnica recebida	6708	2
	Obtenção de informação - reuniões técnicas/seminários	6651	
Ponto 4: Recebimento de apoio de alguma instituição para continuar produzindo como indústria/poder público/latifundiários/universidade	Orientação técnica recebida	6708	6
	Obtenção de informação - reuniões técnicas/seminários	6651	
	Associação do produtora - cooperativa	6651	
	Associação do produtor a entidade de classe - sindicato	6651	
	Associação do produtor a associações/movimento de produtores	6651	
	Associação do produtor a associações de moradores	6651	

Fonte: Elaboração da autora.

Tabela 12 - Informações coletadas das tabelas IBGE e PNAD, utilizadas para responder aos 20 pontos.

(continuação)			
Os 20 pontos essenciais para análise da MFA (e respectiva descrição)	INFORMAÇÕES COLETADAS DAS TABELAS	Tabela	nº de informações coletadas para responder cada ponto
Ponto 5: Existência de ações para valorização da identidade cultural dos agricultores (eventos e atividades que giram em torno da atividade produtiva)	Serviço de turismo rural	6792	2
	Atividade de artesanato, tecelagem, etc.	6792	
Ponto 6: Valorização dos produtores em termos de acesso à educação (escola nas proximidades dos estabelecimentos agropecuários);	Nunca frequentou a escola	6708	8
	Regular do ensino fundamental ou 1º grau	6708	
	EJA - educação de jovens e adultos e supletivo do ensino fundamental ou do 1º grau	6708	
	Regular de ensino médio ou 2º grau	6708	
	Técnico de ensino médio ou do 2º grau	6708	
	EJA - Educação de jovens e adultos e supletivo do ensino médio ou do 2º grau	6708	
	Superior - graduação	6708	
	Mestrado ou doutorado	6708	
Ponto 7: Valorização dos produtores em termos de acesso à saúde (posto de saúde nas proximidades dos estabelecimentos agropecuários).	SANEAMENTO BÁSICO TOTAL ANALISADO RURAL	7.5c PNAD	7
	FOSSA RUDIMENTAR	7.5c PNAD	
	NÃO TEM ESGOTAMENTO SANITÁRIO	7.5c PNAD	
	existência de energia elétrica POSSUEM	6709	
	Existência de telefone - sim	6643	
	Existência de e-mail - sim	6643	
	Acesso à internet - sim	6643	

Fonte: Elaboração da autora.

Tabela 12 - Informações coletadas das tabelas IBGE e PNAD, utilizadas para responder aos 20 pontos.

(continuação)

Os 20 pontos essenciais para análise da MFA (e respectiva descrição)	INFORMAÇÕES COLETADAS DAS TABELAS	Tabela	nº de informações coletadas para responder cada ponto
Ponto 8: Produção de alimentos orgânicos para a comunidade de agricultores (utilização de adubos químicos, agrotóxicos nos alimentos que produz para a sua família)	Agricultura/pecuária orgânica - não faz	6652	3
	Uso de agrotóxicos - sim	6653	
	Despesa para compra de agrotóxicos	6791	
Ponto 9: Busca por trabalho não relacionado com a atividade produtiva para incremento da renda	Rendas obtidas em atividades fora do estabelecimento	6792	3
	Atividades desenvolvidas no estabelecimento como principal fonte de renda - sim	6649	
	Atividades desenvolvidas no estabelecimento como principal fonte de renda - não	6649	
Ponto 10: Capacidade de retornar à atividade agrícola/resiliência (considerando em que medida a produção depende de tecnologia externa);	Sistemas agroflorestais - área cultivada com espécies florestais também usada para lavouras e pastoreio por animais TOTAL DE ESTABELECIMENTOS ANALISADO/QUE RECEBEM APOIO/FRAÇÃO	6722	5
	Adubação - sim, adubação orgânica	6653	
	Número de estabelecimentos agropecuários que utilizaram plantio direto na palha (Unidades)	6640	
	Adubação - sim, adubação química	6653	
	Número de estabelecimentos agropecuários que utilizaram cultivo convencional (Unidades)	6640	

Fonte: Elaboração da autora.

Tabela 12 - Informações coletadas das tabelas IBGE e PNAD, utilizadas para responder aos 20 pontos.

(continuação)

Os 20 pontos essenciais para análise da MFA (e respectiva descrição)	INFORMAÇÕES COLETADAS DAS TABELAS	Tabela	nº de informações coletadas para responder cada ponto
Ponto 11: Dependência do mercado/ comprometimento da renda para aquisição de alimentos (produz alimentos para o consumo da família).	Finalidade principal da produção agropecuária do estabelecimento - consumo próprio e de pessoas com laços de parentescos com o produtor TOTAL AGRÍCOLA COMO ATIVIDADE PRINCIPAL PRODUÇÃO AGRÍCOLA VOLTADA PARA O CONSUMO PRÓPRIO	6649 4.23 PNAD 4.23 PNAD	3
Ponto 12: Verticalização da produção/agricultores em poder das diversos estágios produtivos – beneficiamento, comercialização;	Uso de instalação de beneficiamento - sim, própria (instalação do próprio estabelecimento agropecuário) Uso de instalação de beneficiamento - sim, Comunitária Pública (instalação de uso comunitário) Uso de instalação de beneficiamento - sim, Comunitária Privada (cooperativa, sindicatos, etc) Uso de instalação de beneficiamento - sim, de terceiros (instalação pertencente a outro estabelecimento)	6660 6660 6660 6660	4
Ponto 13: Família comercializa diretamente os produtos/circuitos curtos de comercialização;	Total estabelecimentos agropecuários por tipo de despesa Transporte da produção Finalidade principal da produção agropecuária do estabelecimento - comercialização da produção (inclusive troca ou escambo)	6791 6791 6649	3
Ponto 14: Dependência do mercado/comprometimento da renda para aquisição de insumos externos (que tipo de insumo externo adquire);	Sistemas agroflorestais - área cultivada com espécies florestais também usada para lavouras e pastoreio por animais TOTAL DE ESTABELECIMENTOS/QUE RECEBEM APOIO/FRAÇÃO Número de estabelecimentos agropecuários que utilizaram plantio direto na palha (Unidades) Adubação - sim, adubação química Uso de agrotóxicos - sim Número de estabelecimentos agropecuários que utilizaram cultivo convencional (Unidades)	6722 6640 6653 6653 6640	5

Fonte: Elaboração da autora.

Tabela 12 - Informações coletadas das tabelas IBGE e PNAD, utilizadas para responder aos 20 pontos.

(continuação)

Os 20 pontos essenciais para análise da MFA (e respectiva descrição)	INFORMAÇÕES COLETADAS DAS TABELAS	Tabela	nº de informações coletadas para responder cada ponto
Ponto 15: Existência de ações que reduzam a dependência do mercado para aquisição de insumos externos	Orientação técnica recebida TOTAL DE ESTABELECIMENTOS/QUE RECEBEM APOIO/FRAÇÃO	6708	1
Ponto 16: Fortalecimento da ação coletiva (participa de cooperativa/organização/associação ou grupo que ajude na aquisição de insumos/de benefícios diretos na propriedade - mutirão para colheita/arrumar a estrada).	Origem da assistência técnica - cooperativas	6651	5
	Associação do produtor a cooperativa	6651	
	Associação do produtor a entidade de classe - sindicato	6651	
	Associação do produtor a associações/movimento de produtores	6651	
	Associação do produtor a associações de moradores	6651	
Ponto 17: Papel dos agricultores na Manutenção/melhoria dos serviços ecossistêmicos (água) - o que faz no estabelecimento para melhorar a qualidade da água;	Recebe Pagamento por Serviços Ambientais TOTAL DE ESTABELECIMENTOS/QUE RECEBEM PSA/ FRAÇÃO	6792	8
	Existência de nascentes no estabelecimento - sim, protegida por mata	6655	
	Existência de rios/riachos no estabelecimento - sim, protegida por mata	6655	
	Proteção e/ou conservação de encostas	6654	
	Recuperação de mata ciliar	6654	
	Reflorestamento para proteção de nascentes	6654	
	Estabilização de voçorocas	6654	
	Manejo florestal	6654	

Fonte: Elaboração da autora.

Tabela 12 - Informações coletadas das tabelas IBGE e PNAD, utilizadas para responder aos 20 pontos.

(conclusão)			
Os 20 pontos essenciais para análise da MFA (e respectiva descrição)	INFORMAÇÕES COLETADAS DAS TABELAS	Tabela	nº de informações coletadas para responder cada ponto
Ponto 18: Papel dos agricultores na Manutenção/melhoria dos serviços ecossistêmicos (APPs – Áreas de Preservação Permanente) - o que faz no estabelecimento para preservar as Áreas de Preservação Permanente;	Matas ou florestas - matas ou florestas naturais destinadas à preservação permanente ou reserva legal TOTAL DE ESTABELECIMENTOS/QUE RECEBEM PSA/ FRAÇÃO	6722	6
	Proteção e/ou conservação de encostas	6654	
	Recuperação de mata ciliar	6654	
	Reflorestamento para proteção de nascentes	6654	
	Estabilização de voçorocas	6654	
	Manejo florestal	6654	
Ponto 19: Papel dos agricultores na Manutenção/melhoria dos serviços ecossistêmicos (RL –Reserva Legal) - o que faz no estabelecimento para preservar a Reserva Legal.	Matas ou florestas - matas ou florestas naturais destinadas à preservação permanente ou reserva legal TOTAL DE ESTABELECIMENTOS/QUE RECEBEM PSA/ FRAÇÃO	6722	2
	Manejo florestal	6654	
Ponto 20: Preocupação em produzir alimentos orgânicos para a sociedade externa (utiliza adubos químicos, agrotóxicos nos alimentos que produz para venda).	Uso de agrotóxicos - sim	6653	2
	Despesa para compra de agrotóxicos TOTAL DE ESTABELECIMENTOS/QUE TEM DESPESAS	6791	

Fonte: Elaboração da autora.

Um importante aspecto a ser observado a partir dessa tabela é que os resultados finais do índice estão fortemente atrelada às informações disponíveis para análise coletadas do tabelas IBGE e PNAD. O exemplo mais expressivo disso encontra-se na dimensão 2, relativa à Segurança Alimentar das famílias rurais e da sociedade. Veremos, nos resultados das análises, a seguir, que as regiões Sudeste e Nordeste obtiveram resultados estatisticamente iguais (ao nível de significância de 0,05) em termos de segurança alimentar. Conhecendo a realidade

brasileira, sabe-se que a situação da segurança alimentar no Nordeste brasileiro é expressivamente mais preocupante do que no Sudeste. A justificativa para isso está nos dados disponíveis nas plataformas de análise utilizadas, IBGE e PNAD. Se verificarmos a tabela anterior, veremos que a avaliação da segurança alimentar nesse estudo considerou, em grande medida, a utilização de agrotóxicos. Isto justifica a semelhança entre Sudeste e Nordeste.

6.2 Resultados das análises por *Machine Learning* e estatística não paramétrica, uni e multivariada

O primeiro passo para análise foi a construção de um banco de dados em arquivos .txt e .arff – *software* Weka (WAIKATO UNIVERSITY, 2019), utilizando o Notepad ++. O banco de dados foi 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 SAS (2019a; JMP, 2019) e no R (IME USP, 2020).

A análise dos dados considerou o suporte da *Machine Learning*, utilizando os *softwares* Weka e *R-Action Stat* (WAIKATO UNIVERSITY, 2019; ESTATCAMP, 2020). Seguiu a Teoria da Informação ou Teoria da Amostragem (PAVÃO, 2011; MEASURE EVALUATION, 2019). E utilizou métodos da estatística não paramétrica, uni e multivariada (MANLY; ALBERTO, 2017; LATTIN; CARROL; GREEN, 2011), nos *softwares* SAS e R (2019a; 2019b; 2019c; JMP, 2019; ITO, 1980; TAN *et al.*, 2018; IME USP, 2020).

O índice desenvolvido consiste em quatro dimensões, variáveis resposta para a Estatística ou variáveis preditoras para *Machine Learning*: 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. Estas correspondem às quatro principais funções atribuídas à MFA na realidade rural brasileira, propostas por Maria José Carneiro e Renato Maluf (2003).

O resultado central das principais análises realizadas está nas distinções entre desempenhos de estados e regiões: maiores valores em D1, D2, D3 encontram-se na região Norte; em D4, na Centro-Oeste; os menores valores nas dimensões estão na região Nordeste, com desempenhos críticos nos estados de Sergipe e Bahia. No Brasil, as regiões tiveram melhor desempenho em D4 (preservação dos recursos naturais e da paisagem rural) e pior em D2 (promoção da segurança alimentar das famílias rurais e da sociedade). Nota-se que, embora a região Sudeste seja a mais desenvolvida do país e a Nordeste a menos, os estabelecimentos agropecuários destas regiões possuem desempenhos semelhantes nos parâmetros considerados

no índice: acesso a trabalho digno, segurança alimentar, manutenção do tecido social e cultural e preservação dos recursos naturais. Norte, Centro-Oeste e Sul são as regiões com melhor desempenho geral nas dimensões estudadas. Conforme o Gráfico 1:

Gráfico 1 - Desempenho médio das regiões nas dimensões. Comparações por Kruskal-Wallis ($p = 0,05$). Regiões com letras iguais não diferem entre si. Fonte: Elaboração de Gabriel Adrián Sarriés, Gustavo Nazato Furlan e Gabriela Maria Leme Trivellato, usando o R.

O gráfico de desempenho médio das regiões nas dimensões, com comparações por Kruskal-Wallis ($p = 0,05$) revelou que o desempenho dos estados e Distrito Federal no índice atingiu entre 1,5 e 1,9. Isto expressa “pouco” favorecimento da MFA para todas as variáveis resposta, conforme a escala de Likert construída para este índice, conforme Tabela 13.

Tabela 13 - Escala de Likert do índice para avaliação da MFA.

Escala de Likert: grau de favorecimento da MFA	
Muitíssimo	5
Muito	4
Teor Médio	3
Pouco	2
Pouquíssimo	1
Nenhum	0

Fonte: Elaboração da autora.

Apresentamos o gráfico de desempenho médio das regiões nas dimensões separadamente, por variável resposta, objetivando facilitar a visualização no desempenho das regiões por dimensão.

No Gráfico 2, podemos observar que o melhor desempenho foi da região Norte e Sul, que não diferiram entre si. Podemos considerar num segundo estrato, as regiões Centro-Oeste, Nordeste e Sudeste. O desempenho na região Centro-Oeste foi intermediário, não diferindo estatisticamente dos estratos superior e inferior.

Gráfico 2 - Desempenho médio das regiões na Dimensão 1. Comparações por Kruskal-Wallis ($p = 0,05$). Regiões com letras iguais não diferem entre si. Fonte: Elaboração de Gabriel Adrián Sarriés, Gustavo Nazato Furlan e Gabriela Maria Leme Trivellato, usando o R.

No Gráfico 3, para a variável resposta D2, podemos observar que as regiões Norte e Centro-Oeste formaram um estrato superior, não diferindo estatisticamente entre si. O pior desempenho foi da região Nordeste, que não diferiu estatisticamente das regiões Sul e Sudeste.

Gráfico 3 - Desempenho médio das regiões na Dimensão 2. Comparações por Kruskal-Wallis ($p = 0,05$). Regiões com letras iguais não diferem entre si. Fonte: Elaboração de Gabriel Adrián Sarriés, Gustavo Nazato Furlan e Gabriela Maria Leme Trivellato, usando o R.

No Gráfico 4, num primeiro estrato, podemos colocar as regiões Norte, Centro-Oeste e Sul, que não diferem estatisticamente entre si. A região Norte caracteriza-se pelas tradições milenares ligadas a culturas indígenas (LIMA, Deborah; POZZOBON, 2005). As regiões Sul e Centro-Oeste mantem tradições. Isso pode ser observado no Sul do país e também no Centro-Oeste, muitas fazendas são propriedade de colonizadores do Sul do país, pode-se observar que na maioria dos povoados e cidades do Centro-Oeste existem um CTG (Centro de Tradições Gaúchas) (BRANDENBURG, 2008). O segundo estrato é formado pelas regiões Sudeste e Nordeste.

Gráfico 4 - Desempenho médio das regiões na Dimensão 3. Comparações por Kruskal-Wallis ($p = 0,05$). Regiões com letras iguais não diferem entre si. Fonte: Elaboração de Gabriel Adrián Sarriés, Gustavo Nazato Furlan e Gabriela Maria Leme Trivellato, usando o R.

No Gráfico 5, observa-se um estrato superior formado por todas as regiões brasileiras, exceto a Nordeste. Esta compõe sozinha o segundo estrato, devido ao seu baixo desempenho nos indicadores relacionados à Manutenção/melhoria dos serviços ecossistêmicos: água; Áreas de Preservação Permanente (APPs), e; Reserva Legal (RL).

Gráfico 5 - Desempenho médio das regiões na dimensão 4. Comparações por Kruskal-Wallis ($p = 0,05$). Regiões com letras iguais não diferem entre si. Fonte: Elaboração de Gabriel Adrián Sarriés, Gustavo Nazato Furlan e Gabriela Maria Leme Trivellato, usando o R.

Realizamos uma análise de correlação residual (eliminando o efeito do Fator Região) entre dimensões, revelando todas as correlações positivas e altamente significativas, exceto a correlação entre as dimensões D1 (Reprodução socioeconômica das famílias rurais) e D4 (Preservação dos recursos naturais e da paisagem rural). A ausência de correlação estatisticamente significativa entre D1 e D4 confirma a interpretação proposta na Figura 49, da seção 5.2, de que são as questões sócio-culturais (dimensão D3) as responsáveis por impulsionar o favorecimento da preservação ambiental e da segurança alimentar, não havendo relação direta entre os aspectos considerados neste índice para avaliar D1 (Reprodução socioeconômica das famílias rurais) e preservação dos recursos naturais e da paisagem rural (D4).

Partial Correlation Coefficients from the Error SSCP Matrix / Prob > r					
DF = 22	D1	D2	D3	D4	Ind
D1	1.000000	0.842710 <.0001	0.923364 <.0001	0.385531 0.0692	0.859748 <.0001
D2	0.842710 <.0001	1.000000	0.956681 <.0001	0.767273 <.0001	0.985973 <.0001
D3	0.923364 <.0001	0.956681 <.0001	1.000000	0.650280 0.0008	0.976014 <.0001
D4	0.385531 0.0692	0.767273 <.0001	0.650280 0.0008	1.000000	0.789060 <.0001
Ind	0.859748 <.0001	0.985973 <.0001	0.976014 <.0001	0.789060 <.0001	1.000000

Figura 10 - Correlação entre dimensões, tirando efeito de região (residuais). Todas as correlações são positivas. Fonte: Gustavo Nazato Furlan, Gabriel Adrián Sarriés e Gabriela Maria Leme Trivellato, usando o SAS e R-Studio.

Foi realizada uma *Principal components analysis (PCA)* com *biplot (Machine Learning Não Supervisionado)*, Gráfico 6, considerando a importância de D1, D2, D3, D4 e do valor final do índice (Ind) no desempenho de cada estado e DF. Uma vez que os dois primeiros componentes principais acumularam 98,1% da informação disponível, optamos por elaborar gráficos bidimensionais representando a Componente Principal 1 no eixo X (horizontal) e a Componente Principal 2 no eixo Y (vertical).

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). Isso corrobora o resultado da Figura 60, para o Teste de Comparações Múltiplas por Kruskal-Wallis ($p = 0,05$) para a dimensão D4.

Espírito Santo (ES) tem baixo desempenho na D1. Os estados de Alagoas (AL) e Sergipe (SE) tem baixo desempenho em D2 e D3. Ceará (CE), Pernambuco (PE) e Roraima (RR) tem baixo desempenho no índice geral (Ind).

Gráfico 6 - Principal components analysis (PCA) com biplot. Importância das variáveis (D1, D2, D3, D4, Ind) no desempenho de cada estado (e DF) no índice. Componente 1 (combinação das cinco variáveis preditoras) representa 87,6% da informação, variabilidade; Componente 2 representa 10,5% da informação. Assim, trabalhou-se com a soma dessas informações, totalizando 98,1% da informação disponível (VASCONCELOS; CONCI, 2020). Fonte: Elaboração de Gabriel Adrián Sarriés, Gustavo Nazato Furlan e autora, usando o *software* Weka.

Na interpretação da *Principal components analysis (PCA) com biplot (Machine Learning Não Supervisionado)*, quanto mais distantes do centro os estados e DF se posicionam, maior é a influência (positiva ou negativa) de D1, D2, D3, D4 ou Ind no seu desempenho – ou seja, depende do tamanho do vetor. A formação de 90 graus significa inexistência de relação, por exemplo, o desempenho de São Paulo (SP) não está associado ao Ind.

Utilizando um gráfico de Variáveis Canônicas com *biplot*, Gráfico 7, a seguir, (*Machine Learning Supervisionado*) (ANDERSON, 2001), as regiões brasileiras foram caracterizadas quanto aos seus desempenhos nas dimensões, esse gráfico contém mais informação que o da *Principal components analysis (PCA) com biplot*, já que incorpora o fator região na representação gráfica.

A região Nordeste é caracterizada pelo desempenho na dimensão 2, corroborando o resultado do Teste de Comparações Múltiplas por Kruskal-Wallis ($p = 0,05$), da Figura 58, para os desempenhos médios das regiões na Dimensão 2.

O que caracteriza a região Norte é a dimensão D1, corroborando o resultado do Teste de Comparações Múltiplas por Kruskal-Wallis ($p = 0,05$), da Figura 57, para os desempenhos médios das regiões na Dimensão 1.

As regiões Sudeste e Centro-Oeste caracterizam-se pelo desempenho na dimensão D3, porém, estão sobrepostas, o que corrobora o resultado do Teste de Comparações Múltiplas por Kruskal-Wallis ($p = 0,05$), da Figura 59, para os desempenhos médios das regiões na Dimensão 3.

A região Sul caracteriza-se pelo desempenho na D4, corroborando o resultado do Teste de Comparações Múltiplas por Kruskal-Wallis ($p = 0,05$), da Figura 60, para os desempenhos médios das regiões na Dimensão 4.

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 interceptação dos círculos.

Gráfico 7 - (Esquerda) Variáveis Canônicas com *biplot* por região do Brasil, em duas dimensões, capturando 93% da informação. (Direita) Comparações por *NP MANOVA* (BUTTIGIEG; RAMETTE, 2014; 2020; Anderson, 2001): regiões diferem entre si (a nível de significância de 1%, 5% ou 10%), exceto COvsSE e SvsSE. Fonte: Elaboração de Gabriel

Adrián Sarriés, Gustavo Nazato Furlan e Gabriela Maria Leme Trivellato, usando os *softwares* SAS e R.

Na Figura 11, geramos uma Matriz de Confusão (5 por 5), a partir da Análise Discriminante Linear, para verificar se os estados (e DF) eram identificados como pertencentes a outra região. Um dos estados do Nordeste foi identificado como Norte e um dos estados do Sudeste foi classificado como Centro-Oeste.

Foram geradas matrizes de confusão, utilizando os algoritmos de *Machine Learning* Supervisionado Para Classificação (ANDERSON, 2001) *Neural Network* e *Random Forest*, dois algoritmos dos mais frequentemente utilizados (IZBICKI; SANTOS, 2019) para verificar o pertencimento dos estados às respectivas regiões.

Por *Neural Network*, numa matriz 5 por 5 (Figura 65), um estado da região Sudeste foi interpretado como pertencente à Norte. Este resultado se repetiu na matriz 2 por 2 (região Sudeste *versus* outras), em que um dos estados de região Sudeste classificado como pertencente às outras, com 96% de Taxa de Acerto (*accuracy*, em inglês).

Podemos observar que os resultados da Estatística Multivariada (Análise Discriminante Linear) são similares aos da *Machine Learning*. Em geral, os estados foram corretamente classificados nas duas metodologias. A redução de dimensão de 5 para 2 na *Neural Network* não melhorou o nível de taxa de acerto como ocorre na maioria das análises (FERNANDES *et al.*, 2020).

A taxa de acerto foi levemente superior nos algoritmos de *Machine Learning*, *Random Forest* com 100% e *Neural Network* com 96% em relação à taxa de acerto da Análise Discriminante Linear, com 93%.

Esse resultado pode ser explicado porque a Análise Discriminante Linear tem como pressuposições multinormalidade e homogeneidade das matrizes de variância e covariância, essas pressuposições foram violadas e não foi possível achar transformações dos dados que levassem para essa situação.

Também devemos ressaltar que as taxas de acerto para *Machine Learning* foram calculadas utilizando *cross-validation*, por termos pouca quantidade de observações (*small data*), na qual 100% dos dados são utilizados para treinamento e para teste (SCHAFFER, 1993; BERGMEIR; BENÍTEZ, 2012). Numa situação de maior quantidade de dados (*big data*), poderíamos calcular o índice de generalização, optando pelo procedimento *split*, utilizando uma parte dos dados para treino (por exemplo, 60%) e a outra parte para teste (40%) (LIU; BAO, 2008). Poderíamos contar com mais dados numa pesquisa posterior. Possivelmente, a taxa de

acerto deverá diminuir utilizando o procedimento *split*. Uma função da taxa de acerto no *cross-validation* e no *split* gera o índice de generalização dos algoritmos para o nosso problema.

Análise Discriminante Linear						Random Forest					Neural Network				
Actual	Predicted Count					a	b	c	d	e	a	b	c	d	e
Região	CO	N	NE	S	SE										
CO	4	0	0	0	0	7	0	0	0	0	7	0	0	0	0
N	0	7	0	0	0	0	9	0	0	0	0	9	0	0	0
NE	0	1	8	0	0	0	0	4	0	0	1	0	3	0	0
S	0	0	0	3	0	0	0	3	0	0	0	0	3	0	0
SE	1	0	0	0	3	0	0	0	0	4	0	0	0	0	4
Accuracy 93%						Accuracy 100%					Accuracy 96%				

Neural Network				
a	b		a	b
3	1		a	SE
0	23		b	others

Figura 11 - Matriz de Confusão (Análise Discriminante Linear, Figura 4); Matrizes de confusão, utilizando os algoritmos de *Machine Learning Neural Network* e *Random Forest*. Por *Random Forest*, os estados foram classificados conforme as regiões previstas. Por *Neural Network*, numa matriz 5x5, um estado do Sudeste foi interpretado como Norte; resultado que se repetiu na matriz 2x2, com 96% de confiança. Fonte: Elaboração de Autor 2, Autor 3 e Autor 1, usando os *softwares* SAS e Weka.

Figura 12 - Gráfico *Neural Network*, matriz 5x5 – uma camada de neurônios para evitar *overfitting*. Fonte: Elaboração de Gabriel Adrián Sarriés, Gustavo Nazato Furlan e Gabriela Maria Leme Trivellato, usando o *software* Weka.

A taxa de acerto diminuiu quando colocamos três camadas de neurônios, indicando que o *Deep Learning* não seria adequado para este conjunto de dados por estarmos sobreparametrizando, conforme Figura 48.

Figura 13 - Gráfico *Neural Network*, matriz 5x5 – três camada de neurônios. Fonte: Elaboração de Gabriel Adrián Sarriés, Gustavo Nazato Furlan e Gabriela Maria Leme Trivellato, usando o *software* Weka.

No Gráfico 8, apresentamos o Gráfico PLS (*Partial least squares*) pelo método MQP (Mínimos Quadrados Parciais). Neste gráfico, de certo modo, condensamos as informações contidas nas análises anteriormente apresentadas, sendo revelados padrões/grupos: correlação entre D2 e D3 (sobrepostas na *PCA*, da Figura 65); regiões Norte e Nordeste correlacionam-se à D1, Sul à D2 e D3, Sudeste e Centro-Oeste à D4 (matrizes de confusão, Figura 65 e Variáveis Canônicas com *biplot*, Figura 4).

Entretanto, pelo Gráfico PLS (*Partial least squares*), executando método MQP (Mínimos Quadrados Parciais), as análises não apenas confirmam os resultados das análises anteriores, mas trazem maior nível de detalhe. Revelam-se: região Norte tem alta correlação positiva com a dimensão D1; Nordeste tem forte correlação negativa com D1; Sul tem baixa correlação positiva com D2 e D3; Sudeste e Centro-Oeste tem características similares em termos de desempenho (devido à proximidade), porém, revela-se que CO tem correlação positiva com D4 (em 0.25 em Y), enquanto SE tem correlação negativa com D4 (abaixo de 0.00 em Y).

Gráfico 8 - 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 Auor 3, Autor 2 e Autor 1, usando o *software* SAS.

No Gráfico 9, o Gráfico de Uniformidade de *Shewhart*, da região Nordeste, permite identificar os valores da dimensão D2 (Promoção da segurança alimentar das famílias rurais e da sociedade) para todos os estados.

Podemos observar que os valores estimados para todos os restados da região Nordeste se encontram distribuídos na sua maioria em torno da média aritmética geral. O desempenho do estado de Sergipe causa preocupação porque tangencia o Limite Inferior de Uniformidade da região, indicando a possibilidade de existir fatores causais, se fosse um resultado casual, não se encontraria tão próximo do Limite Inferior de Uniformidade.

Inserimos no Gráfico de Uniformidade de *Shewhart* dois possíveis resultados que poderiam servir para nortear um processo de melhoria de desempenho dos estados. O ponto acima do Limite Superior de Uniformidade (UCL, do inglês *Upper Control Limit*) seria

considerado um referencial de excelência (*benchmark*), assim, os outros estados da região Nordeste poderiam estudá-lo para adotar as boas práticas de gestão que levam a esse resultado, anormalmente bom. Já o desempenho abaixo do Limite Inferior de Uniformidade (LCL, do inglês *Lower Control Limit*) indicaria que o estado nessa posição tem desempenho anormalmente ruim (*issue*) e deveria observar os outros estados para melhorar seu desempenho.

Os estados que forem observados acima do Limite Superior de Uniformidade ou abaixo do Limite Inferior de Uniformidade tem uma baixa probabilidade de se encontrarem nessa posição por acaso. Essa probabilidade é de 2,5%, aproximadamente (NOMELINI; FERREIRA; OLIVEIRA, 2009), assim, devem existir fatores que o colocam nessa situação, esses fatores deverão ser estudados para tornar o processo de *benchmarking* efetivo.

Devido ao fato de terem se identificado diferenças estatísticas entre as regiões, cada região deverá adotar seus próprios gráficos de uniformidade para cada uma das variáveis resposta.

Gráfico 9 - Gráfico de uniformidade de *Shewhart* para a Dimensão 2 (Promoção da segurança alimentar das famílias rurais e da sociedade), da região Nordeste, Brasil. UCL, do inglês *Upper Control Limit* (limite superior de uniformidade); LCL, do inglês *Lower Control Limit* (limite inferior de uniformidade). Limites de uniformidade calculados para $p=0,05$. Fonte: Elaboração de Gabriel Adrián Sarriés, Gustavo Nazato Furlan e Gabriela Maria Leme Trivellato, usando o Excel.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

No atual contexto da agricultura capitalista 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 tem 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.

O índice desenvolvido propõe-se a avaliar o desempenho de estabelecimentos agropecuários no quesito "multifuncionalidade da agricultura", revelando, numa escala de Likert, o seu grau de contribuição cultural e ambiental para a localidade.

Se considerarmos o compromisso social e ambiental que se espera num contexto de valorização da MFA, acreditamos que este índice pode revelar que estados e regiões brasileiros tem desempenhos insatisfatórios no que concerne às problemáticas ambientais; ao desenvolvimento sustentável; aos paradigmas sustentáveis e responsáveis de produção e comercialização; à segurança alimentar; à valorização local e territorial.

Os principais resultados da aplicação do índice a partir dos dados preliminares do Censo Agropecuário 2017, do IBGE (2019a), resumem-se às distinções entre desempenhos de estados e regiões em termos de favorecimento da MFA. Acreditamos que a análise dos dados revelou a potencialidade do índice para: a) estabelecer comparações mais precisas entre performances agrícolas; b) definir benchmarks e locais-problema (visível no Gráfico de Uniformidade de *Shewhart*); c) nortear de políticas públicas.

Este índice procurou apontar as necessidades de melhoria na gestão de estabelecimentos agropecuários em prol da: 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 (CARNEIRO; MALUF, 2003).

Ao apontar, por meio de uma análise quantitativa, os distintos desempenhos dos estabelecimentos agropecuários nesses parâmetros, a nível de estados e regiões, acreditamos na possível contribuição do "Sistema de Avaliação Ponderada da Multifuncionalidade da Agricultura (MFA)" para favorecer a preservação ambiental e cultural na gestão de estabelecimentos agropecuários/ agroecossistemas brasileiros.

A utilidade de um índice/sistema de avaliação está em permitir estabelecer comparações – o que implica detectar diferenças entre os materiais analisados.

As análises por *Machine Learning* e métodos da estatística não paramétrica, uni e multivariada foram realizadas com o objetivo de verificar em que medida o índice é eficaz na identificação de diferenças. Essa eficácia irá depender dos indicadores e subindicadores escolhidos e na forma como as interrelações entre eles são contempladas nos cálculos para composição dos valores das dimensões e valor final do índice.

Acreditamos que a verificação de diferentes desempenhos para estados e regiões em termos de favorecimento da MFA encontrada na análise do banco de dados é um indício da eficácia do índice proposto/elaborado.

No trabalho desenvolvido nessa pesquisa, foi possível verificar as fragilidades do índice desenvolvido, de modo que isso possa ser aprimorado em estudos futuros. Acreditamos que cumprimos o objetivo de iniciar o delineamento de uma ferramenta quantitativa para análise da MFA.

Acreditamos que as principais preocupações futuras em termos de ajuste do índice irão centrar-se em dois principais aspectos: 1. Revisão dos subindicadores e ponderações; 2. Bases de dados utilizadas. Acreditamos que o trabalho deverá ser iniciado pela seleção de novas bases de dados, cujos resultados permitirão a revisão de eficácia dos subindicadores selecionados para permitir a caracterização da MFA no Brasil em formato quantitativo.

É notório que as tabelas IBGE e PNAD não obtinham dados satisfatórios para análise da MFA brasileira. Isso aponta para a busca de outras plataformas, mas, sobretudo, é preocupante. São avaliações bastante relevantes no Brasil que, por sua vez, revelaram não possuir informações suficientes para avaliar aspectos que estão diretamente relacionados à qualidade de vida das pessoas em termos imateriais. Do mesmo modo que a MEA (2005a; 2005b) carecia de ferramentas para avaliar esses aspectos imateriais que permeiam a qualidade de vida dos seres humanos. Isso está relacionada aos paradigmas de produção e consumo na medida em que se reconhece ou não que o bem-estar dos seres humanos vai além da aquisição de bens de consumo: encontra-se, por exemplo, no sentimento de pertencimento à uma comunidade e no prazer estético de uma paisagem rural heterogênea.

Disso, temos duas conclusões: 1. Questões imateriais relativas ao bem-estar dos seres humanos ainda não são altamente relevantes nas análises utilizadas, já relatado por Carneiro e Maluf (2005); 2. Não basta termos uma ferramenta quantitativa para avaliar a MFA, mas devemos preocupar-nos com a disponibilidade das informações para essa avaliação.

Sendo assim, na continuidade desse estudo será necessária uma devida preocupação com as informações para “alimentar” o índice, para evitarmos leituras unilaterais, como o caso da Dimensão 2, na qual a segurança alimentar foi em grande medida avaliada em termos do uso de agrotóxicos - deixando de lado outros aspectos que envolvem a segurança alimentar, conforme a definição de Carneiro e Maluf (2003).

Mesmo assim, lembramos o estudo de Rodrigues *et al.* (2010), no qual analisam a aplicação do APOIA-NovoRural 177 estudos de caso. Mesmo uma ferramenta do nível do APOIA-NovoRural apresentou um enviesamento de resultados devido aos indicadores utilizados na análise de determinado fator. Trata-se de que, nos estudos de caso, o fator “qualidade de solo” (fortemente relacionado à fertilidade do conjunto de indicadores) obtiveram desempenho mais alto a horticultura (orgânica ou convencional). No entanto, o estudo de caso de agricultura de precisão, embora realizado em uma fazenda localizada em região de solos especialmente pobres, no cerrado região central brasileira, foi obtido resultado tão bom quanto a horticultura (qualidade média do solo índice = 0,66). A explicação para isso está no fato de que a avaliação do fator “qualidade do solo” utilizou como variáveis o “manejo da fertilidade ventricular” (índice de qualidade do solo na fazenda = 0,56) e “ciclo completo manejo agrícola de precisão” (índice de qualidade do solo = 0,76), gerando resultados como o da horticultura, apesar da localização da fazenda (RODRIGUES *et al.*, 2010).

Este exemplo nos lembra que, de todo modo, o desenvolvimento dos índices está fortemente atrelado aos seus indicadores. Por isso, mesmo em índices fortemente reconhecidos pela literatura, como o APOIA, é possível encontrarmos dados que *a priori* parecem não retratar fielmente a realidade do sistema analisado. Isto implicaria, para alguns, dizer que o índice não está cumprindo sua função de retratar a realidade analisada. No entanto, isto não é verdadeiro quando analisamos este caso relatado por Rodrigues *et al.* (2010) quanto ao emprego do APOIA-NovoRural. Isto porque acreditamos difícil pensar que um indicador de qualidade de solo deva deixar de considerar a variável “ciclo completo manejo agrícola de precisão” unicamente com o propósito de que o valor final apresente à primeira vista para o leitor o que se espera do desempenho do sistema em termos de estar condizente com a realidade.

Logo, depreendemos deste estudo que, embora o processo de desenvolvimento de um índice exija constantes revisões e ajustes, é fundamental que o leitor esteja preparado para reconhecer que as leituras de indicadores – dependendo do grau de agregação e manipulação de dados – podem ser complexas e por isso, podem demandar um cuidado em sua análise. Visualizar o valor final, portanto, irá demandar do leitor desmembrar a leitura deste índice para verificar os indicadores e dados primários utilizados e suas respectivas manipulações. O que, a nosso ponto de vista, valoriza a própria compreensão do fenômeno estudado.

Por fim, lembramos que este trabalho se insere no debate acerca da implantação do modelo de agricultura industrial no Brasil. Nesse sentido, desenvolver uma ferramenta quantitativa de análise para o campo de estudo da MFA é uma forma de fortalecê-lo. Ao propor novas perspectivas em torno da agricultura e do espaço rural, seus usos e funções, acreditamos que a MFA é uma possível e fértil alternativa ao paradigma de agricultura industrial no Brasil. Logo, fortalecer o debate acerca da MFA pode ser uma alternativa de superação das externalidades negativas desse modelo.

Trata-se de reconhecer que o modelo de agricultura industrial implantado no Brasil impactou negativamente na formação social brasileira e na gestão dos recursos naturais presentes no território. Isto implica acreditar que este modelo tem levado ao colapso ambiental, ameaçando todas as formas vida no planeta; à perpetuação de antigas formas de marginalização social e política, herdadas do modelo monocultor escravocrata e; ao genocídio das populações tradicionais indígenas, ribeirinhas e quilombolas, gestado no Brasil desde os primórdios de sua formação social, econômica e política.

REFERÊNCIAS

ABRAMOVAY, Ricardo. O admirável mundo novo de Alexander Chayanov. **Estudos Avançados**, v. 12, n. 32, p. 69-74, 1998.

ABRAMOVAY, Ricardo. **Transformações na vida camponesa: o Sudoeste Paranaense**. 1981. 183p. Dissertação (Mestrado em Ciência Política). São Paulo: Programa de Pós-Graduação Ciência Política, Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, 1981.

ADAMS, C. et. al. Diversifying Communities Incomes and Losing Landscape Complexity in Quilombola Shifting Cultivation Communities on the Atlantic Rainforest (Brazil). **Human Ecology**, Columbus, v. 41, n. 1, p.119-137, 2013.

AIESEC. **Você sabe como lean startup pode melhorar seus resultados?** Disponível em: <<https://aiesec.org.br/voce-sabe-como-lean-startup-pode-melhorar-seus-resultados/>>. Acesso em: 10 nov. 2020.

ALPAYDIN, Ethem. **Introduction to Machine Learning**. 4ª ed. Cambridge: Massachusetts: The MIT Press, 2020. 537p.

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

ANDERSON, Marti J. Um novo método para análise de variância multivariada não paramétrica. **Ecologia Austral** , v. 26, n. 1, pág. 32-46, 2001.

ANDERSON, Marti J.; CLEMENTS, AnneMarie. Resolving environmental disputes: a statistical method for choosing among competing cluster models. **Ecological Applications**, v. 10, n. 5, p. 1341-1355, 2000.

ANDRADE, H. M. L. da S.; ANDRADE, L. P de; TELINO JR, W. R.; MUNIZ, L. S.; NORONHA, C. R. B de; LYRA-NEVES, R. M. de. Conhecimento e interações dos agricultores do semiárido pernambucano em relação à avifauna local. In: Encontro da Rede de Estudos Rurais “Desigualdade, exclusão e conflitos nos espaços rurais”, 5., 2014, Campinas SP, Brasil. **Anais Eletrônicos...** Campinas: UNICAMP. 2014. 10p. Disponível em: <https://docplayer.com.br/14158040-Gt-06-alternativas-agricolas-discursos-de-justificacao-e-de-contraposicao-ao-productivismo.html>>. Acesso em: 24 out. 2020.

ANDREOLI, M.; TELLARINI, V. Farm sustainability evaluation: methodology and practice. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, Amsterdam, v. 77, p. 43-52, 2000.

ANIFOWOSE, Fatai Adesina; LABADIN, Jane; ABDULRAHEEM, Abdulazeez. Ensemble *Machine Learning*: An untapped modeling paradigm for petroleum reservoir characterization. **Journal of Petroleum Science and Engineering**, v. 151, p. 480-487, 2017.

ARON, Raymond. **Les désillusions du progrès**: Essa sur la dialectique de la modernité, Paris: Calmann-Lévy, 1969.

ARRUDA, R. S. V. Populações tradicionais e a proteção dos recursos naturais em unidades de conservação. In: DIEGUES, A. C. (Org.). **Etnoconservação**. Novos rumos para a proteção da natureza nos trópicos. 2. ed. São Paulo: Annablume; USP, 2002.

AZAR, C.; HOLMBERG, J.; LINDGREN, K. Socio-ecological indicators for sustainability. **Ecological Economics**, v. 18, n. 2, p. 89-112, ago. 1996.

BALOCCOA, C.; PAPESCHI, S.; GRAZZINI, G.; BASOSI, R. Using exergy to analyze the sustainability of an urban area. **Ecological Economics**, v. 48, n. 2, p. 231-244, fev. 2004.

BARRERA, R. A.; SALDÍVAR, V. A. Proposal and application of a Sustainable Development Index. **Ecological Indicator**, v. 2, n. 3, p. 251-256, dez. 2002.

BAUM, Eric B. Toward a model of intelligence as an economy of agents. **Machine Learning**, v. 35, n. 2, p. 155-185, 1999.

BELLMAN, Richard E. **Adaptive control processes**: A guided tour. Princeton University Press, 1961. 276p.

BENBROOK, C. M.; GROTH III, E. Indicators of the sustainability and impacts of pest management systems. **AAAS 1997 Annual Meeting, Seattle, Washington** February 16, 1996.

BENTRUP, F.; KÜSTERS, J.; KUHLMANN, H.; LAMMEL, J. Environmental impact assessment of agricultural production systems using the life cycle assessment methodology. I Theoretical concept of LCA method tailored to crop production. **European Journal of Agronomy**, v.20, n.3, p.247-264, 02/2004.

BERGAMASCO, Sonia Maria Pessoa Pereira; BUENO, Osmar de Carvalho. Agricultura familiar e poder local: um exercício de cidadania. In: FERREIRA, Angela Duarte Damasceno; BRANDENBURG, Alfio. (Orgs.). **Para pensar outra agricultura**. 2ª edição. Curitiba: Editora UFPR, p. 119 -149, 2008.

BERGMEIR, Christoph; BENÍTEZ, José M. On the use of cross-validation for time series predictor evaluation. **Information Sciences**, v. 191, p. 192-213, 2012.

BIANCONI, André; GOVONE, José Silvio; VON ZUBEN, Cláudio Jose; PIÃO, Antonio Carlos Simões; PIZANO, Marcos Aparecido; ALBERTI, Luís Fernando. Transformação de dados e implicações da utilização do teste de Kruskal-Wallis em pesquisas agroecológicas. **Pesticidas: Revista de Ecotoxicologia e Meio Ambiente**, Curitiba, v. 18, p. 27-34, jan./dez. 2008.

BICKNELL, Kathryn B.; BALL, Richard J.; CULLEN, Ross; BIGSBY, Hugh R. New methodology for the ecological footprint with an application to the New Zealand. **Ecological Economics**, v. 27, n. 2, p. 149-160, nov. 1998.

BIELSCHOWSKY, Ricardo. Emergência do Professor Antonio Barros de Castro. **Revista de Economia Contemporânea**, v. 15, n. 2, p. 362-369, 2011.

BISHOP, Christopher M. BISHOP, Christopher M. **Pattern recognition and Machine Learning**. New York, NY: Springer, 2006. 738 p.

BISSET, R. Methods for environmental impact assessment: a selective survey with case studies. In: BISWAS, A. K.; GEPING, Q. (Ed.). **Environmental impact assessment for developing countries**. London: Tycooly International, 1987. p. 3-64.

BONAMENTE, Massimiliano. **Statistics and Analysis of Scientific Data**. 2nd Ed. New York: Springer Science+ Business Media, 2013.

BOUNI, C. Indicateurs de développement durable: l'enjeu d'organiser une information hétérogène pour préparer une décision multicritère. In: COLLOQUE INTERNATIONAL, ABBAY DE FONTEVRAUD - INDICATEURS DE DÉVELOPPEMENT DURABLE, Paris, 1996. **Livro de Trabalhos**. Paris: Application des Sciences de l'Action (AScA), 1996. 14 p.

BRADESCO. **BIA - Inteligência artificial do Bradesco**. Disponível em: <<https://banco.bradesco/inovacao/bia.shtm>>. Acesso em: 10 nov. 2020.

BRANDENBURG, Alfio. Colonos: subserviência e autonomia. In: FERREIRA, Angela Duarte Damasceno; BRANDENBURG, Alfio. (Orgs.). **Para pensar outra agricultura**. 2ª edição. Curitiba: Editora UFPR, p. 81-118, 2008.

BREIMAN, Leo ; CUTLER, Adele. **Random Forests**. Disponível em: <https://www.stat.berkeley.edu/~breiman/RandomForests/cc_home.htm>. Acesso em: 24 abr. 2019.

BREIMAN, Leo. Random Forests. **Machine Learning**, v. 45, p. 5–32, 2001.

BROWN, M. T.; ULGIATI, S. Emergy-based indices and ratios to evaluate sustainability: monitoring economies and technology toward environmentally sound innovation. **Ecological Engineering**, v. 9, n. 1-2, p. 51-69, set. 1997.

BRUNDTLAND, GH. (chairman). World Commission on Environment and Development, **Our Common Future**, Oxford University press, Oxford, 1987.

BUAINAIN, A. M.; ALVES, E.; SILVEIRA, J. M. da; NAVARRO, Z. Sete teses sobre o mundo rural brasileiro. **Revista de política agrícola**, v. 22, n. 2, p. 105-121, 2013.

BUENO, Osmar de Carvalho. **A agricultura familiar da Baixada Serrana de Botucatu (SP): integração, intervenção e organização**. Dissertação (Mestrado em Sociologia). Araraquara: Faculdade de Ciências e Letras, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho. 1994.

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.

CAMINO, R.; MÜLLER, S., **Sostenibilidad de la agricultura y los recursos naturales**: bases para establecer indicadores. San José, CR: Inter-American Institute for Cooperation on Agriculture (IICA), v. 38, 1993. 134 p.

CAMPANHOLA, C.; SILVA, J. G. da. O novo rural brasileiro: uma análise nacional. **Jaguariúna/SP: Embrapa Meio Ambiente**, v. 4, 2000. 190 p.

CÂNDIDO, Gesinaldo de Ataíde; NÓBREGA, Mariana Moura; FIGUEIREDO, Marília Taynah Martins de; MAIOR, Mônica Maria Souto. Avaliação da sustentabilidade de unidades de produção agroecológicas: um estudo comparativo dos métodos Idea e Mesmis. **Ambiente & Sociedade. São Paulo**, v. 18, n. 3, 2015.

CANTER, L. W.; HILL, G. L. **Handbook of variables for environmental impact assessment**. Ann Arbor: Ann Arbor Science, 1979. 203 p.

CAPELLESSO, A. J.; CAZELLA, A. A.; ROVER, O. J. Estratégias técnico-econômicas divergentes entre agricultores familiares e políticas públicas: qual desenvolvimento é sustentável?. In: **IX Congresso Sociedades Rurais Latinoamericanas: Diversidades, Contrastes y Alternativas**. Ciudad del Mexico: Alasru, 2014. 25p.

CAPES - Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior. ESALQ – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” ESALQ/USP. **Dados Básicos do Programa de Pós-Graduação Interunidades em Ecologia Aplicada (código 33002037020P1)**. Disponível em: <https://sucupira.capes.gov.br/sucupira/public/consultas/coleta/programa/viewPrograma.jsf?popup=true&cd_programa=33002037020P1>. Acesso em 21 ago. 2020.

CAPES. **Teses Premiadas em 2015**. Disponível em: <<http://www.capes.gov.br/premiocapesdetese/edicoes-anteriores/7675-d-teses-premiadas-em-2015>>. Acesso em: 18 jan 2019.

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

CARNEIRO, Maria José; MALUF, Renato S. Multifuncionalidade da agricultura familiar. **Cadernos do CEAM**, p. 43-58, 2005.

CARRASCAL, Luis M.; GALVÁN, Ismael; GORDO, Oscar. Partial least squares regression as an alternative to current regression methods used in ecology. **Oikos**, v. 118, n. 5, p. 681-690, 2009.

CARREIRAS, Joao; PEREIRA, Jose; SHIMABUKURO, Yosio E. Land-cover mapping in the Brazilian Amazon using SPOT-4 vegetation data and *Machine Learning* classification methods. **Photogrammetric Engineering & Remote Sensing**, v. 72, n. 8, p. 897-910, 2006.

CASTORIADIS, Cornelius. **Encruzilhadas do labirinto II: Os Domínios do Homem**. São Paulo: Paz e Terra, 1987.

CASTRO, Antonio de Barros. **Sete Ensaio sobre a Economia Brasileira**. Volume I. São Paulo, Rio de Janeiro: Editora Forense, 1969, 191 p.

CASTRO, Julia; SANCHEZ, Diane; MORUZZI MARQUES, Paulo E.; LUCAS, Ademir de; BONAUDO, Thierry. Adaptation de la méthode française IDEA pour l'évaluation de la durabilité des exploitations agricoles de la commune de São Pedro (Etat de São Paulo, Brésil). In: Journées Rencontres, Recherches et Ruminants, 16., 2009, Paris, France. **Anais...** Paris : INRA-Institut de l'Elevage, 2009a, p. 101-105.

CASTRO, Julia; SANCHEZ, Diane; MORUZZI MARQUES, Paulo E.; LUCAS, Ademir de; BONAUDO, Thierry. **Sustentabilidade econômica, sócio-territorial e ambiental da agricultura familiar brasileira**: Elaboração de um método de avaliação da sustentabilidade dos estabelecimentos familiares agrícolas do Alto da serra de São Pedro (Estado de São Paulo, Brasil). Relatório (Estágio Supervisionado no Departamento de Economia Administração e Sociologia da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"). Escola AgroParisTech, Paris, France; Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/USP, Piracicaba, SP. 2009b. 50p. (não publicado).

CAZELLA, Ademir Antonio; ROUX, Bernard. Agribusiness em questão: a emergência da agricultura multifuncional. **Estudos sociedade e agricultura**, v. 13, n. 10, p. 46-69, 1999.

CHAGAS, César S.; VIEIRA, Carlos A. O.; FERNANDES FILHO, Elpídio I.; CARVALHO JÚNIOR, Waldir de. Utilização de redes neurais artificiais na classificação de níveis de degradação em pastagens. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 13, n. 3, p. 319-327, 2009.

CHAPMAN, M. G.; UNDERWOOD, A. J.; SKILLETER, G. A. Variability at different spatial scales between a subtidal assemblage exposed to discharge of sewage and two control sites. **J. exp. mar. Biol. Ecol.**, v. 189, p. 103-122, 1995.

CHEVALIER, S., *et al.* **User guide to 40 community health indicators**. Ottawa: Community Health Division, Health and Welfare Canada, 1992.

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. (2013). **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.

CLEOPHAS, Ton J.; ZWINDERMAN, Aeilko H. **Machine Learning in medicine**. Dordrecht, The Netherlands: Springer, 2013. 224p.

COSTA, A. F. B.; EPPRECHT, E. K.; CARPINETTI, L. C. R. **Controle estatístico de qualidade**. São Paulo: Atlas, 2004.

COSTA, Ana Alexandra Vilela Marta Rio. Agricultura sustentável III: Indicadores. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 33, n. 2, p. 90-105, 2010.

CROUZOUOLON, P. **A implantação da Indicação Geográfica do queijo da Canastra sob as luzes da multifuncionalidade da agricultura: a vaca dos queijos de ouro**. 2019. 222p. Dissertação (Mestrado em Ciências). Piracicaba: Programa de Pós-Graduação Interunidades em Ecologia Aplicada ESALQ-CENA, Universidade de São Paulo. 2019.

CUTLER, D. Richard *et al.* Thomas C. EDWARDS JR. Karen H. BEARD Adele CUTLER Kyle T. HESS Jacob GIBSON Joshua J. LAWLER. Random forests for classification in ecology. **Ecology**, v. 88, n. 11, p. 2783-2792, 2007.

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.

DALGAARD, Peter. **Introductory statistics with R**. 2nd Ed. New York: Springer Science+ Business Media, 2008.

DAROLT, M. R. **As dimensões da Sustentabilidade: Um Estudo da Agricultura Orgânica na Região Metropolitana de Curitiba, Paraná**. Tese (Doutorado em Meio Ambiente e Desenvolvimento). Universidade Federal do Paraná e Universidade Paris VII. Curitiba, 2001. 310p.

DAROLT, M. R. Circuitos curtos de comercialização de alimentos ecológicos: reconectando produtores e consumidores. In: NIEDERLE, P. A. *et al.* **Agroecologia: práticas, mercados e políticas para uma nova agricultura**. Curitiba: Kairós, p. 139-170, 2013.

DATAPLOT NIST. **PARTIAL CORRELATION MATRIX**. Dataplot - Statistical Engineering Division, National Institute of Standards and Technology – US Department of Commerce.

Disponível

em:

<<https://www.itl.nist.gov/div898/software/dataplot/refman2/auxillar/matrpaco.htm>>. Acesso em: 22 set. 2020.

DE LA PAZ-MARÍN, Mónica; GUTIÉRREZ, Pedro Antonio; HERVÁS-MARTÍNEZ, César. Classification of countries' progress toward a knowledge economy based on *Machine Learning* classification techniques. **Expert systems with applications**, v. 42, n. 1, p. 562-572, 2015.

DE LUCAS, Ademir; MARQUES, Paulo Eduardo Moruzzi; SARMENTO, Gustavo. Trajetórias da Agricultura familiar e o Papel da Extensão Rural: Estudo de Caso do Alto da Serra de São Pedro. In: Congresso Latinoamericano de Sociologia Rural, 8., 2010, Porto de Galinhas, PE, Brasil. **Anais eletrônicos...** Porto de Galinhas: Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), 2010. 15p. Disponível em: <<https://www.yumpu.com/pt/document/read/30966715/estudo-do-caso-do-alto-alasru>>. Acesso em: 24 out. 2020.

DEE, N.; BAKER, J.; DROBNY, N.; DUKE, K. An environmental evaluation system for water resource planning. **Water Resources Research**, Washington, v. 9, n. 3, p. 523-535, 1973.

DELFIM NETTO, Antonio *et al.* Agricultura e desenvolvimento no Brasil. **Estudos ANPES**, n. 5. São Paulo, 1967.

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.

DEMATTÊ FILHO, L. C.; MORUZZI MARQUES, P. E. Multifuncionalidade e sustentabilidade na avicultura alternativa: Multifuncionalidade, Desenvolvimento Territorial e Sustentabilidade. **Segurança Alimentar e Nutricional**. Campinas, v. 18, n.2, p. 1-11, 2011.

DEPONTI, C. M.; CÓRDULA, E.; AZAMBUJA, J. L. B. Estratégia para construção de indicadores para avaliação da sustentabilidade e monitoramento de sistemas. **Agroecologia e Desenvolvimento Rural Sustentável**, v. 3, n. 4, p. 44-52, 2002.

DOROW, Reney; STERN, Ivonete Lenir; ULLER-GÓMEZ, Cíntia. Da reinterpretação de sistemas tradicionais de uso da terra à construção social de mercados com os agricultores familiares da roça de toco de Biguaçu-SC. **Novos Cadernos NAEA**, v. 18, n. 1, p. 65-87, 2015.

ELSEVIER. **Poster Winners da Second Food Chemistry Conference**: Shaping the Future of Food Quality, Safety, Nutrition and Health. Disponível em: <<https://www.elsevier.com/events/conferences/food-chemistry-conference/programme/poster-winners>>. Acesso em 20 ago. 2020.

EMBRAPA. **Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária**. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/>>. Acesso em: 11 fev. 2019.

ENDEAVOR. **Lean startup**. 07 out 2015. Disponível em: <<https://endeavor.org.br/estrategia-e-gestao/lean-startup/>>. Acesso em: 28 mar 2019.

ERICKSON, P. A. **A practical guide to environmental impact assessment**. San Diego: Academic, 1994. 266 p.

ESALQ – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” ESALQ/USP. **Bibliografia indicada para o Exame de Admissão do Programa de Pós-Graduação Interunidades em Ecologia Aplicada (PPGI-EA)**. Disponível em: <<https://www.esalq.usp.br/pg/programas/ecologia-aplicada/ps/exames-e-entrevistas>>. Acesso em: 21 ago. 2020.

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

EXAME. **Como começaram essas 8 grandes empresas (Facebook, Uber e Airbnb inclusas)**: Conheça a história de 8 empresas famosas que nasceram como startups e se tornaram gigantes. 31 mar. 2018. Exame online – Negócios. Disponível em: <<https://exame.com/negocios/como-comecaram-essas-8-grandes-empresas-facebook-uber-e-airbnb-inclusas/>>. Acesso em: 10 nov. 2020.

FAITH, D. P.; DOSTINE, P. L.; HUMPHREY, C.L. Detecção de impactos de mineração em comunidades de macroinvertebrados aquáticos: resultados de um experimento de perturbação e o desenho de um programa de monitoramento multivariado BACIP em Coronation Hill, NT **Aust. J. Ecol.**, v. 20, p. 167 – 180, 1995).

FERNANDES, Elisabete A. De Nadai; SARRIÉS, Gabriel A.; BACCHI, Márcio A.; MAZOLA, Yuniel T.; GONZAGA, Cláudio L.; SARRIÉS, Silvana R.V. Trace elements and *Machine Learning* for Brazilian beef traceability. **Food Chemistry**, v. 333, p. 127462, 2020. 6p.

FERNANDES, Renner Ribeiro; NUNES, Gustavo Manzon; SILVA, Thiago Sanna Freire. Classificação orientada a objetos aplicada na caracterização da cobertura da terra no Araguaia. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 47, n. 9, p. 1251-1260, 2012.

FERREIRA, Angela Duarte Damasceno. Processos e sentidos sociais do rural na contemporaneidade: indagações sobre algumas especificidades brasileiras. **Estudos sociedade e agricultura**, v. 10, n. 1, p. 28-46, 2002.

FERREIRA, Angela Duarte Damasceno; ZANONI, Magda. Outra agricultura e a reconstrução da ruralidade. In: FERREIRA, Angela Duarte Damasceno; BRANDENBURG, Alfio. (Orgs.). **Para pensar outra agricultura**. 2ª edição. Curitiba: Editora UFPR, p. 15-29, 2008.

FINCH, Holmes. Comparison of the performance of nonparametric and parametric *MANOVA* test statistics when assumptions are violated. **Methodology**, v. 1, n. 1, p. 27-38, 2005.

FIORI, J. L. Para repensar o papel do Estado sem ser um neoliberal. **Revista de Economia Política**, S. Paulo, v. 12, n. 1, p. 76-90, 1992.

FISHER, Douglas H.; PAZZANI, Michael J.; LANGLEY, Pat (Ed.). **Concept formation: Knowledge and experience in unsupervised learning**. San Mateo, CA: Morgan Kaufmann Publishers, 2014. 488p.

FISHER, R.A. The utilization of multiple measurements in taxonomic problems. **Annals of Eugenics**, v. 7, p. 179–88, 1936.

FONSECA, Jaime Raúl Seixas. Os Métodos Quantitativos na Sociologia: Dificuldades de Uma Metodologia de Investigação. In.: VI Congresso Português de Sociologia: Mundos Sociais: Saber e Práticas. Universidade Nova de Lisboa. 25-28 jun. 2008.

FRANCO ALVES, Arilde; MALAGODI, Edgard Afoinso. Multifuncionalidade da Agricultura: retórica ou ferramenta de análise do Desenvolvimento Rural? **REVISTA ALASRU - Análisis Latinoamericano del Medio Rural**. Nueva Época, n.9, p. 117-137, 2014.

FSC. **Tipos de certificados FSC**. Disponível em: <<https://br.fsc.org/pt-br/certificao/tipos-de-certificados>>. Acesso em: 28 mar 2019.

GALLOPIN, G. C. Environmental and sustainability indicators and the concept of situational indicators. A system approach. **Environmental Modelling & Assessment**, v.1, p.101-117, 1996.

GARCIA, Eliana Maria; DO CARMO, Ligiana Clemente; DE ANDRADE FERRAZ, Kátia Maria. **Normas para Elaboração de Dissertações e Teses**. 3.ed. Piracicaba: ESALQ – Divisão de Biblioteca, 2005. 99 p.

GFN, Global Footprint Network. **Ecological Footprint: Overview**. 2019. Disponível em: <<https://www.footprintnetwork.org/>>. Acesso em: 07 fev. 2019.

GILBERT, J. A.; FEENSTRA, F. J. A sustainability indicator for the Dutch Environmental policy theme ‘Diffusion’: cadmium accumulation in soil. **Ecological Economics**, v. 9, n. 3, p. 253-265, 1994.

GILBERT, J. A.; FEENSTRA, F. J. A sustainability indicator for the Dutch environmental policy theme ‘Diffusion’: cadmium accumulation in soil. **Ecological Economics**, v. 9, n. 3, p. 253-265, 1994

GIRARDIN, P.; BOCKSTALLER, C.; WERF, H. van der. Assessment of potential impacts of agricultural practices on the environment: the AGRO*ECO method. **Environmental Impact Assessment Review**, New York, v. 20, p. 227-239, 2000.

GIRARDIN, P.; BOCKSTALLER, C.; WERF, H. van der. Indicators: tools to evaluate the environmental impacts of farming systems. **Journal of Sustainable Agriculture**, Binghamton, v. 13, n. 4, p. 5-21, 1999.

GLASBY, T. M. Analysing data from post-impact studies using asymmetrical analyses of variance: A case study of epibiota on marinas. **Australian Journal of Ecology**, v. 22, n. 4, p. 448-459, 1997.

GOCONQR. **Mind Maps**. (online). Disponível em: <<https://www.goconqr.com/pt-BR#>>. Acesso em: 19 jun. 2020.

GONÇALVES, Fábio Luiz Papaiz; SUGAHARA, Cibele Roberta; FERREIRA, Denise Helena Lombardo; SILVA FILHO, Cândido Ferreira. The society under the optics of sustainability. In: **Brazilian Technology Symposium - Emerging Trends and Challenges in Technology, 4., 2018, Campinas, SP, Brazil. Anais...** Campinas: Universidade Presbiteriana Mackenzie Campinas (SP), 2018. 7 p.

GRAY, John S.; CLARKE, K. R.; WARWICK, R. M.; HABBS, G. Detection of initial effects of pollution on marine benthos: an example from the Ekofisk and Eldfisk oilfields, North Sea. **Marine ecology progress series**, p. 285-299, 1990.

GUDYNAS, Eduardo. Locomotoras, bolsas, pies y senderos: imagenes del extractivismo. **Revista Quehacer**, n. 187, p. 106-118, jul.-set. 2012.

GUIMARÃES, R. P.; FEICHAS, S. A. Q. Desafios na construção de indicadores de sustentabilidade. **Ambiente & Sociedade**, v. 12, n. 2, p. 307-323, 2009.

HAIR, J. F.; SARSTEDT, M.; PIEPER, T. M.; RINGLE, C. M. The use of partial least squares structural equation modeling in strategic management research: a review of past practices and recommendations for future applications. **Long range planning**, v. 45, n. 5-6, p. 320-340, 2012.

HERTWICH, E. G., PEASE, W. S., e KOSHLAND, C. P. Evaluating the environmental impact of products and production processes: a comparison of six methods. **The Science of the total environment**, v196, p13-29, 1997.

IBGE. **0 Características dos Estabelecimentos Agropecuários**. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/censo-agropecuario/censo-agropecuario-2017#caracteristicas-estabelecimentos>>. Acesso em: 25 jul 2019a.

IBGE. **1 Características dos Estabelecimentos Agropecuários - Tabela 6649**. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/tabela/6649>>. Acesso em: 25 jul 2019b.

IBGE. **2 Características dos Estabelecimentos Agropecuários - Tabela 6635**. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/tabela/6635>>. Acesso em: 25 jul 2019c.

IBGE. **3 Características dos Estabelecimentos Agropecuários - Tabela 6639**. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/tabela/6639>>. Acesso em: 25 jul 2019d.

IBGE. 4 Características dos Estabelecimentos Agropecuários - **Tabela 6640**. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/tabela/6640>>. Acesso em: 25 jul 2019e.

IBGE. 5 Características dos Estabelecimentos Agropecuários - **Tabela 6641**. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/tabela/6641>>. Acesso em: 25 jul 2019f.

IBGE. 6 Características dos Estabelecimentos Agropecuários - **Tabela 6642**. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/tabela/6642>>. Acesso em: 25 jul 2019g.

IBGE. 7 Características dos Estabelecimentos Agropecuários - **Tabela 6643**. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/tabela/6643>>. Acesso em: 25 jul 2019h.

IBGE. 8 Características dos Estabelecimentos Agropecuários - **Tabela 6650**. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/tabela/6650>>. Acesso em: 25 jul 2019i.

IBGE. 9 Características dos Estabelecimentos Agropecuários - **Tabela 6651**. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/tabela/6651>>. Acesso em: 25 jul 2019j.

IBGE. 10 Características dos Estabelecimentos Agropecuários - **Tabela 6652**. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/tabela/6652>>. Acesso em: 25 jul 2019k.

IBGE. 11 Características dos Estabelecimentos Agropecuários - **Tabela 6653**. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/tabela/6653>>. Acesso em: 25 jul 2019l.

IBGE. 12 Características dos Estabelecimentos Agropecuários - **Tabela 6654**. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/tabela/6654>>. Acesso em: 25 jul 2019m.

IBGE. 13 Características dos Estabelecimentos Agropecuários - **Tabela 6655**. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/tabela/6655>>. Acesso em: 25 jul 2019n.

IBGE. 14 Características dos Estabelecimentos Agropecuários - **Tabela 6657**. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/tabela/6657>>. Acesso em: 25 jul 2019o.

IBGE. 15 Características dos Estabelecimentos Agropecuários - **Tabela 6660**. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/tabela/6660>>. Acesso em: 25 jul 2019p.

IBGE. 16 Características dos Estabelecimentos Agropecuários - **Tabela 6707**. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/tabela/6707>>. Acesso em: 25 jul 2019q.

IBGE. 17 Características dos Estabelecimentos Agropecuários - **Tabela 6708**. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/tabela/6708>>. Acesso em: 25 jul 2019r.

IBGE. 18 Características dos Estabelecimentos Agropecuários - **Tabela 6709**. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/tabela/6709>>. Acesso em: 25 jul 2019s.

IBGE. 19 Características dos Estabelecimentos Agropecuários - **Tabela 6710**. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/tabela/6710>>. Acesso em: 25 jul 2019t.

IBGE. 20 Características dos Estabelecimentos Agropecuários - **Tabela 6712**. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/tabela/6712>>. Acesso em: 25 jul 2019u.

IBGE. 21 Características dos Estabelecimentos Agropecuários - **Tabela 6713**. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/tabela/6713>>. Acesso em: 25 jul 2019v.

IBGE. 22 Características dos Estabelecimentos Agropecuários - **Tabela 6722**. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/tabela/6722>>. Acesso em: 25 jul 2019w.

IBGE. 23 Características dos Estabelecimentos Agropecuários - **Tabela 6763**. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/tabela/6763>>. Acesso em: 25 jul 2019x.

IBGE. 24 Características dos Estabelecimentos Agropecuários - **Tabela 6764**. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/tabela/6764>>. Acesso em: 25 jul 2019y.

IBGE. 25 Características dos Estabelecimentos Agropecuários - **Tabela 6765**. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/tabela/6765>>. Acesso em: 25 jul 2019z.

IBGE. 26 Características dos Estabelecimentos Agropecuários - **Tabela 6782**. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/tabela/6782>>. Acesso em: 25 jul 2019aa.

IBGE. 27 Características dos Estabelecimentos Agropecuários - **Tabela 6783**. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/tabela/6783>>. Acesso em: 25 jul 2019bb.

IBGE. 28 Características dos Estabelecimentos Agropecuários - **Tabela 6791**. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/tabela/6791>>. Acesso em: 25 jul 2019cc.

IBGE. 29 Características dos Estabelecimentos Agropecuários - **Tabela 6792**. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/tabela/6792>>. Acesso em: 25 jul 2019dd.

IBGE. 30 Características dos Estabelecimentos Agropecuários - **Tabela 6618**. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/tabela/6618>>. Acesso em: 25 jul 2019ee.

IBM Knowledge Center. **SSCP Matrices and Multivariate Tests**. Disponível em: <https://www.ibm.com/support/knowledgecenter/en/SSLVMB_25.0.0/statistics_casestudies_project_ddita/spss/tutorials/glmm_patlos_mult.html>. Acesso em: 22 set. 2020b.

IBM. **Plataforma Watson**. Disponível em: <<https://www.ibm.com/watson/br-pt/>>. Acesso em: 10 nov. 2020a.

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

ISO - INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **Enironmental mangement – life cycle assessment – principles and framework**. ISO 14040. ISO, Geneva. 1997.

ITO, P. K. 7 robustness of anova and *MANOVA* test procedures. **Handbook of statistics**, v. 1, p. 199-236, 1980. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0169716180010097>>. Acesso em: 29 mar 2019.

IUCN; UNEP; WWF. **The World Conservation Strategy**: Living Resource Conservation for Sustainable Development. International Union for Conservation of Nature (IUCN), United Nations Environment Programme (UNEP) and World Wide Fund for Nature (WWF), Gland, Switzerland, 1980.

IZBICKI, Rafel; SANTOS, Tiago Mendonça dos. **Machine Learning sob a ótica estatística**: Uma abordagem preditiva para a estatística com exemplos em R. 24 de janeiro de 2019. 215p. (Versão preliminar em desenvolvimento).

JAMES, Gareth; WITTEN, Daniela; HASTIE, Trevor; TIBSHIRANI, Robert. **An introduction to statistical learning**. New York: Springer Science+ Business Media, 2013.

JMP. **Conheça o JMP®**. Disponível em: <<http://www.jmp.com/por/>>. Acesso em: 21 set. 2019.

JOURNAL RESOLIS. **Alimentation responsable et durable**. (online). Disponível em: <<https://www.resolis.org/programme/alimentation-responsible-et-durable/3>>. Acesso em: 29 mar. 2019.

KAMPICHLER, Christian; DŽEROSKI, Sašo; WIELAND, Ralf. Application of *Machine Learning* techniques to the analysis of soil ecological data bases: relationships between habitat features and Collembolan community characteristics. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 32, n. 2, p. 197-209, 2000.

KASSOUF, Ana Lúcia. Acesso aos serviços de saúde nas áreas urbana e rural do Brasil. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 43, n. 1, p. 29-44, 2005.

KELAHHER, B. P.; CHAPMAN, M. G.; UNDERWOOD, A. J. Changes in benthic assemblages near boardwalks in temperate urban mangrove forests. **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology**, v. 228, n. 2, p. 291-307, 1998.

KOTSIANTIS, Sotiris B.; ZAHARAKIS, I.; PINTELAS, P. Supervised *Machine Learning*: A review of classification techniques. **Emerging artificial intelligence applications in computer engineering**, v. 160, n. 1, p. 3-24, 2007.

KROTSCHKE, C.; NARODOSLAWSKY, M. The Sustainable Process Index, a new dimension in ecological evaluation. **Ecological Engineering**, v. 6, n. 4, p. 241-258, 1996.

KRUSKAL, William H.; WALLIS, W. Allen. Use of ranks in one-criterion variance analysis. **Journal of the American statistical Association**, v. 47, n. 260, p. 583-621, 1952.

LACERDA, Tatiana Ferreira Nobre; MORUZZI MARQUES, Paulo Eduardo. Agricultura orgânica, representação territorial e reprodução social da agricultura familiar: os agricultores ecologistas da Encosta da Serra Geral em Santa Catarina. **Revista Ruris**, v. 2, p. 137-158, 2008.

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

LAURENT, Catherine. **La multifunctionnalité de l'agriculture**. Paris: Inra-SAD, 2000a.

LAURENT, Catherine. L'exploitation agricole au cœur du développement local Français et Européen. **Revue d'économie régionale et urbaine**, n. 3, p. 427-442, 2000b.

LAVE, L. B.; HENDRICKSON, E. C.-F. C. T. e McMICHAEL, F. C. Using Input-Output analysis to estimate economy-wides discharges. **Environmental Science and Technology**, v. 29, n. 9, 1995.

LE GOFF, Jacques *et al.* **Memória e história**. Enciclopédia Einaudi, v. 1, p. 260-293, 1984.

LEITE, Sérgio Pereira. Estado, padrão de desenvolvimento e agricultura: o caso brasileiro. **Estudos Sociedade e Agricultura**, Rio de Janeiro, vol. 13, n. 2, p. 280-332, 2005.

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

LIMA, Danyele Cristina Santos. **A concepção de morte para os profissionais de saúde no contexto hospitalar**. 2012. 55p. Trabalho de conclusão (Bacharelado em Psicologia). Palhoça (SC): Universidade do Sul de Santa Catarina. 2012.

LIMA, Deborah; POZZOBON, Jorge. Amazônia socioambiental: sustentabilidade ecológica e diversidade social. **Estudos avançados**, v. 19, n. 54, p. 45-76, 2005.

LINO, J. S.; PEREIRA, J. M.; BUSCHINELLI, C. C. de A.; RODRIGUES, I.; RODRIGUES, G. S. Gestão ambiental de estabelecimentos rurais no entorno da reserva particular do patrimônio natural (RPPN) Feliciano Miguel Abdala. **Documentos Embrapa Meio Ambiente**, Jaguariúna, Brazil, 2009.

LIU, Wei; BAO, Junwei. **Split Machine Learning systems**. U.S. Patent n. 7,421,414, 2 set. 2008.

LOPES, Maurício Antônio; CONTINI, Elisio. Agricultura, sustentabilidade e tecnologia. **Agroanalysis**, v. 32, n. 02, p. 27-34, 2012.

LOURENÇO FILHO, R. C. B. **Controle estatístico de qualidade**. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 1976.

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.

MAIOR, Mônica Maria Souto; CÂNDIDO, Gesinaldo de Ataíde; NÓBREGA, Mariana Moura; FIGUEIREDO, Marília Taynah Martins de. Estudo Comparativo entre Métodos de Avaliação da Sustentabilidade para Unidades Produtivas Agroecológicas. In: Encontro Nacional da Associação Nacional de Pós-Graduação e Pesquisa em Ambiente e Sociedade, 6., 2012, Belém, PA, Brasil. **Anais eletrônicos...** Belém: Anppas, 2012. 21p. Disponível em: <https://www.researchgate.net/profile/Mariana_Nobrega/publication/284183751_Estudo_Comparativo_entre_Metodos_de_Avaliacao_da_Sustentabilidade_para_Unidades_Produtivas_Agroecologicas/links/564f0cea08aefe619b1183c5/Estudo-Comparativo-entre-Metodos-de-Avaliacao-da-Sustentabilidade-para-Unidades-Produtivas-Agroecologicas.pdf>. Acesso em: 24 out. 2020.

MANLY, Bryan FJ; ALBERTO, Jorge A. Navarro. **Multivariate statistical methods**: a primer. Fourth Edition. New York: CRC Press, 2017. 253p.

MARQUES, João F.; SKORUPA, Ladislau A.; FERRAZ, José MG. (eds.). **Indicadores de sustentabilidade em agroecossistemas**. Jaguariúna, SP: Embrapa Meio Ambiente, 2003. 281p.

MARTINS, L. **A crise do nacional-desenvolvimentismo**. Folha de São Paulo, São Paulo, p. 1-3, 29/12/1991.

MARZALL, K. **Indicadores de sustentabilidade para agroecossistemas**. 1999. 208p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia). Porto Alegre: Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). 1999.

MARZALL, Kátia; ALMEIDA, Jalcione. Indicadores De Sustentabilidade Para Agroecossistemas: Estado da arte, limites e potencialidades de uma nova ferramenta para avaliar o desenvolvimento sustentável. **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, v. 17, n. 1, p. 41-59, 2000.

MASERA, O.; ASTIER, M.; LÓPEZ RIDAURA, S. **Marco para la evaluación de sistemas de manejo de recursos naturales incorporando indicadores de sustentabilidade** - MESMIS. Mundiprensa/GIRA/UNAM. México, 1999. 109p.

MATHIEU, Nicole (org.). **L'emploi rural**: une vitalité cachée. Paris: l'Harmattan, 1995. 186p.

MCCULLOCH, W. S.; PITTS, W. A logical calculus of the ideas immanent in nervous activity. **The bulletin of mathematical biophysics**, v. 5, n. 4, p. 115-133, 1943.

MCKIGHT, Patrick E.; NAJAB, Julius. Kruskal-wallis test. In.: **The corsini encyclopedia of psychology**. 30 jan. 2010. Disponível em:

<<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/9780470479216.corpsy0491>>. Acesso em: 18 set. 2020.

MCRAE, T.; SMITH, C. A. S.; GREGORICH, L. J. (éd.). L'agriculture écologiquement durable au Canada: Rapport sur le Projet des indicateurs agroenvironnementaux - Résumé. **Agriculture et Agroalimentaire Canada**, Ottawa (Ontario), 2000.

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.

MEASURE EVALUATION. **Teoria da Amostragem**. Disponível em: <<https://www.measureevaluation.org/resources/training/capacity-building-resources/data-quality-portuguese/bibliografia-1>>. Acesso em: 28 mar. 2019.

MELLO, Rodrigo Fernandes de; PONTI, Moacir Antonelli. **Machine Learning: A Practical Approach on the Statistical Learning Theory**. Cham, Switzerland: Springer International Publisher AG. 2018. 362p.

MELLOR, John W. **O planejamento do desenvolvimento agrícola**. Rio de Janeiro. O Cruzeiro, 1967.

MEMÓRIA, José Maria Pompeu. **Breve história da estatística**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2004, 111p.

METCALF, David. **The economics of agriculture**. Baltimore. Maryland, Penguin Books, 1969.

MICHIE, Donald; SPIEGELHALTER, David J.; TAYLOR, C. C. (eds.). **Machine Learning, Neural and Statistical Classification**. New York: Ellis Horwood, 1994.

MITCHELL, G. Problems and fundamentals of sustainable development indicators. **Sustainable Development**, v. 4, n. 1, p. 1-11, 1996.

MOHRI, Mehryar; ROSTAMIZADEH, Afshin; TALWALKAR, Ameet. **Foundations of Machine Learning**. 2^a ed. Cambridge: Massachusetts: The MIT Press, 2018. 494p.

MOLDAN, B.; BILHARZ, S. (Eds.). **Sustainability indicators: report of the project on indicators of sustainable development**. Chichester: John Wiley & Sons Ltd., 1997.

MONARD, Maria Carolina; BARANAUSKAS, José Augusto. Conceitos sobre aprendizado de máquina. In: REZENDE, Solange Oliveira. (Coord.). **Sistemas inteligentes: fundamentos e aplicações**. 2^a ed. Barueri, São Paulo: Editora Manole Ltda, p. 89-114, 2005.

MONTGOMERY, D. C. **Introdução ao controle estatístico da qualidade**. Tradução Ana Maria Lima de Farias. 4 ed. Rio de Janeiro: LTC, 2004.

MORMONT, Marc. A la recherche des spécificités rurales. In: Jollivet, Marcel. (org.) **Vers um rural postindustrial**; rural et environnement dans huit pays européens. Paris: L'Harmattan, 1997.

MORUZZI MARQUES, Paulo Eduardo; DE LUCAS, Ademir; TRIVELLATO, Gabriela Maria Leme. O Papel da Extensão Universitária no apoio à Agricultura Familiar no município de São Pedro/SP. **Rev. Cult. Ext. USP**, São Paulo, v. 18, p. 13-23, 2017.

MOSER, A. Eco-technology in industrial practice: implementation using sustainability indices and case Studies. **Ecological Engineering**, v. 7, n. 2, p. 117-138, 1996.

MOTT, Luiz. Castro, Antonio de Barros-Sete Ensaio sobre a Economia Brasileira. **Revista do Instituto de Estudos Brasileiros**, n. 10, p. 130-132, 1971.

MOURA, Lino Geraldo Vargas. **Indicadores para a avaliação da sustentabilidade em sistemas de produção da agricultura familiar**: o caso dos fumicultores de Agudo-RS. 2002. 230p. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Rural). Porto Alegre: Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Rural, Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). 2002.

MUELLER, C.; TORRES, M.; MORAIS, M. **Referencial básico para a construção de um sistema de indicadores urbanos**. Brasília: Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA), 1997.

MÜLLER, Geraldo. Agricultura e industrialização do campo no Brasil. **Revista de economia política**, v. 2, n. 6, p. 47-77, 1982.

MUNIZ, Sérgio Ricardo. **Introdução à Análise Estatística de Medidas**. Fundamentos da Matemática II. Licenciatura em Ciências · USP/Univesp · Módulo 2. Capítulo 14. Disponível em:

<https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/169799/mod_resource/content/0/Introducao_Estatistica__plc0016_14.pdf>. Acesso em: 30 mar. 2019.

NAJAFABADI, Maryam M.; VILLANUSTRE, Flavio; KHOSHGOFTAAR, Taghi M.; SELIYA, Naeem; WALD, Randall; MUHAREMAGIC, Edin. Deep learning applications and challenges in big data analytics. **Journal of Big Data**, v. 2, n. 1, p. 1, 2015.

NAWAR, Said; MOUAZEN, A. M. On-line vis-NIR spectroscopy prediction of soil organic carbon using *Machine Learning*. **Soil and Tillage Research**, v. 190, p. 120-127, 2019.

NEUMAYER, E. The human development index and sustainability - a constructive proposal. **Ecological Economics**, v. 39, n. 1, p. 101-114, out. 2001.

NICHOLLS, William H. A economia agrícola brasileira: desempenho e política recente. In: CONTADOR, Cláudio Roberto. (ed.). **Tecnologia e desenvolvimento agrícola**. Rio de Janeiro: IPEA/INPES (Série Monográfica. n. 17.), 1975.

NILSSON, J.; BERGSTRÖM, S. Indicators for the assessment of ecological and economic consequences of municipal policies for resource use. **Ecological Economics**, v. 14, n. 3, p. 175-184, 1995.

NOMELINI, Quintiliano Siqueira Schroden; FERREIRA, Eric Batista; OLIVEIRA, Marcelo Silva de. Studies on non-random patterns in *Shewhart* control charts. **Gestão & Produção**, v. 16, n. 3, p. 414-421, 2009.

NØRGAARD, L.; SAUDLAND, A.; WAGNER, J.; NIELSEN, J. P.; MUNCK, L.; ENGELSEN, S. B. Interval partial least-squares regression (i PLS): A comparative chemometric study with an example from near-infrared spectroscopy. **Applied Spectroscopy**, v. 54, n. 3, p. 413-419, 2000.

OCDE. **Indicateurs environnementaux pour l'agriculture**, volume 3: Méthodes et résultats. Paris, France, 2001, 414 p.

ODUM, H.T. **Environmental accounting, emergy and decision making**. New York: John Wiley, 1996. 370 p.

OLIVER, I.; BEATTIE, A. J. Projetando uma pesquisa de invertebrados de baixo custo: um teste de métodos para avaliação rápida da biodiversidade. **Ecol. Aplicativo**, v. 6, p. 594 – 607, 1996.

PAPMA, Frans. **Contesting the household estate**: Southern Brazilian peasants and modern agriculture. *Latin America Studies*, Amsterdam, CEDLA, n. 67, 1992. 267p.

PAVÃO, Rodrigo. **Teoria da Informação**. 2011. Disponível em: <<http://www.ib.usp.br/~rpavao/>>. Acesso em: 28 mar. 2019.

PEARCE, W. D.; ATKINSON, D. G. Capital theory and the measurement of sustainable development: an indicator of weak sustainability. **Ecological Economics**, v. 8, n. 2, p. 103-108, 1993.

PETRAS, James. **El capitalismo extractivo y las diferencias en el bando latino-americano progresista**. *Rebelión*, 8 mai. 2012. Disponível em: <<http://www.rebelion.org/noticia.php?id=149207>>. Acesso em: 19 dez. 2019.

PHILIPPI JUNIOR, Arlindo; SILVA NETO, Antônio J. **Interdisciplinaridade em ciência, tecnologia e inovação**. Barueri: Manole, 2011, 1024p.

PIMENTEL, D.; HURD, L. E.; BELOTTI, A. C.; FORSTER, M. J; OKA, I. N.; SCHOLLES, O. D.; WHITMAN, R. J. Food production and the Energy Crisis. **Science**, v. 182, n. 4111, p. 443-449, 1973.

PNAD IBGE. **Análises PNAD.** Disponível em: <https://ww2.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/trabalhoerendimento/pnad2015/brasil_defaultxls_unidades.shtm>. Acesso em: 25 jul. 2019.

PORTELLA FILHO, P. Ajustamento na América Latina: crítica ao modelo de Washington. **Ensaaios FEE**, Porto Alegre, ano 15, n. 1, p. 205-233, 1994.

PRABHU, R., COLFER, C. J. P., DUDLEY, R. G. **Guidelines for developing, testing and selecting criteria and indicators for sustainable forest management.** Toolbox Series, n. 1. Indonesia: CIFOR, 1999.

QUINN, G. P.; LAGO, P. S.; SCHREIBER, S. G. Bentos litorâneos de um lago vitoriano e seu riacho de saída: variação espacial e temporal. **Aust. J. Ecol.**, v. 21, p. 292 – 301, 1996.

RAJKOMAR, Alvin; DEAN, Jeffrey; KOHANE, Isaac. *Machine Learning* in medicine. **New England Journal of Medicine**, v. 380, n. 14, p. 1347-1358, 2019.

RAO, C. R. Statistics: A technology for the millenium. **International Journal of Mathematical and Statistic Sciences**, Brasília, v. 8, n. 1, p. 5-25, 1999.

RAO, N. H.; ROGERS, P. P. Assessment of agricultural sustainability. **Current Science**, v. 91, n. 4, p. 439–448, 2006.

RASTOGI, Rajeev. *Machine Learning@ amazon*. In: **The 41st International ACM SIGIR Conference on Research & Development in Information Retrieval**. 2018. p. 1337-1338.

RATHOR, Abhilasha Singh; AGARWAL, Amit; DIMRI, Preeti. Comparative study of *Machine Learning* approaches for Amazon reviews. **Procedia computer science**, v. 132, p. 1552-1561, 2018.

RATNER, Bruce. **Statistical and Machine-Learning Data Mining: Techniques for Better Predictive Modeling and Analysis of Big Data.** 3ª ed. Boca Raton, FL: CRC Press, 2017. 690p.

REED, M.; FRASER, E. D. G.; MORSE, S.; DOUGILL, A. Integrating methods for developing sustainability indicators to facilitate learning and action. **Ecology and Society**, v. 10, n. 1, p. 1–6, 2005.

REES, W. Ecological footprints and appropriated carrying capacity: what urban economies leaves out. **Environment and Urbanization**, v. 4, n. 2, p. 121-130, 1992.

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

RIES, Eric. **The lean startup**: How today's entrepreneurs use continuous innovation to create radically successful businesses. New York: Crown Business, 2011. 320p.

RODRIGUES, Ana S. L. *et al.* Global gap analysis: priority regions for expanding the global protected-area network. **BioScience**, v. 54, n. 12, p. 1092-1100, 2004.

RODRIGUES, G. S. **Avaliação de impactos socioambientais de tecnologias na Embrapa**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente Documentos, v. 99, 2015. 41 p.

RODRIGUES, G. S.; BUSCHINELLI, C. C. de A.; AVILA, A. F. D. An environmental impact assessment system for agricultural research and development II: institutional learning experience at Embrapa. **Journal of Technology Management & Innovation**, v. 5, n. 4, p. 38-56, 2010.

RODRIGUES, G. S.; BUSCHINELLI, C. C. de A.; MUNIZ, L. R.. Ostrich farming and environmental management tools: an overview. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, v. 48, n. 10, p. 1308-1313, 2008a.

RODRIGUES, G. S.; BUSCHINELLI, C. C. de A.; RODRIGUES, I. A.; MEDEIROS, C. B. A collaborative research initiative for the environmental management of struthioculture. **Braz J Poult Sci**, v. 9, n. 4, p. 221-228, 2007a.

RODRIGUES, G. S.; BUSCHINELLI, C. C. de A.; SANTANA, D. P.; SILVA, A. G. da; PASTRELLO, B. M. C. Avaliação ambiental de práticas de manejo sítio específico aplicadas à produção de grãos na região de Rio Verde (GO). **R. Bras. Agrociência**. Pelotas, v.14, n.3-4, p.58-66, 2008b.

RODRIGUES, G. S.; CAMPANHOLA, C.; RODRIGUES, I.; FRIGHETTO, R. T. S.; VALARINI, P. J.; RAMOS-FILHO, L. O. Gestão ambiental de atividades rurais: estudo de caso em agroturismo e agricultura orgânica. **Agric Sao Paulo**, v. 53, n. 1, p. 17-31, 2006a.

RODRIGUES, G. S.; DE BARROS, I.; EHABE, E. E.; SAMA-LANG, P.; ENJALRIC, F. Integrated indicators for performance assessment of traditional agroforestry systems in South West Cameroon. **Agrofor Syst**, v. 77, p. 9-22, 2009a.

RODRIGUES, G. S.; MOREIRA-VIÑAS, A. An environmental impact assessment system for responsible rural production in Uruguay. **J Technol Manage Innov**, v. 2, n. 1, p. 42-54, 2007a.

RODRIGUES, G. S.; MOREIRA-VIÑAS, A. **Manual de evaluación de impacto ambiental de actividades rurales**. Montevideo: MGAP, World Bank, GEF, PPR, IICA, PROCISUR, Embrapa; 2007b.

RODRIGUES, G. S.; NOVAES, R. M. L.; OLIVEIRA, P. de; NICODEMO, M. L. F.; OMOTE, H. de S. G. **Análise de desempenho socioambiental da integração lavoura-pecuária-floresta na Unidade de Referência Tecnológica Sítio Nelson Guerreiro – Brotas (SP)**.

Relatório Técnico Embrapa Meio Ambiente; Embrapa Cerrados; Embrapa Pecuária Sudeste. Jun. 2015. (não publicado).

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.; RODRIGUES, I. A.; BUSCHINELLI, C. C. de A.; LIGO, M. A.; PIRES, A. M.; FRIGHETTO, R. T. S.. Socio-environmental impact of biodiesel production in Brazil. **J Technol Manage Innov**, v. 2, n. 2, p. 46-66, 2007b.

RODRIGUES, G. S.; RODRIGUES, I. A.; BUSCHINELLI, C. C. de A.; LIGO, M. A.; PIRES, A. M. Local productive arrangements for biodiesel production in Brazil — environmental assessment of smallholder's integrated oleaginous crops management. **J Agric Rural Dev Trop**, v. 110, n. 1, p. 61–73, 2009b.

RODRIGUES, G. S.; RODRIGUES, I. A.; BUSCHINELLI, C. C. de A.; QUEIROZ, J. F. de; FRIGUETTO, R. T. S.; ANTUNES, L. R.; MARCON-NEVES, M. C.; FREITAS, G. L. de; RODOVALHO, R. B. **Gestão ambiental territorial na área de proteção ambiental da Barra do Rio Mamanguape (PB)**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 50; 2008c.

RODRIGUES, G. S.; RODRIGUES, I.; DONATTI, R. D. **Relatório de Gestão Ambiental de Atividades Rurais Fazenda Nata da Serra, Serra Negra (SP)**. Laboratório de Gestão Ambiental. Embrapa Meio Ambiente. Out. 2010. (não publicado).

RODRIGUES, G. S.; VALARINI, P. J., FRIGHETTO, R. T. S.; CAMPANHOLA, C.; RAMOS-FILHO, L. O.; RODRIGUES, I. Avaliação de impacto ambiental de alternativas de manejo na horticultura. **Rev Cient Rural**, v. 11, n. 1, p. 1–7, 2006b.

RODRIGUES, Geraldo Stachetti. **Agricultura sustentável, gestão ambiental e eco-certificação de atividades rurais**. Publicações EMBRAPA, 2008.

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.

RODRIGUES, Geraldo Stachetti; RODRIGUES, Izilda Aparecida; BUSCHINELLI, Cesar de Almeida; BARROS, Inácio de. Integrated farm sustainability assessment for the environmental management of rural activities. **Environmental Impact Assessment Review**, v. 30, n. 4, p. 229-239, 2010.

RODRIGUES, José de Arimatéia. O papel da agricultura no processo de desenvolvimento econômico e as políticas governamentais para o setor agrícola. **Revista de Administração Pública**, v. 12, n. 3, p. 9-37, 1978.

RODRIGUES. I. A.; RODRIGUES, G. S.; CARVALHO, E. J. M.; ALVES, L. W. R. **Avaliação de impactos ambientais, sociais e econômicos do sistema plantio direto de grãos na fazenda Rio Grande, Paragominas, PA**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, v. 86, 2013. 34 p.

ROMEIRO, A. R. (Org.). **Avaliação e Contabilização de Impactos Ambientais**. Campinas (Brasil): Editora UNICAMP, 2004. 400 p.

ROSENBLATT, F. The perceptron: A probabilistic model for information storage and organization in the brain. **Psychological review**, v. 65, n. 6, p. 386-408, 1958.

ROUX, Bernard; FOURNEL, Estelle. Multifuncionalidade e emprego nos estabelecimentos rurais franceses: um estudo nas zonas montanhosas de LanguedocRoussillon. In: CARNEIRO, M.J.; MALUF, R.S. **Para além da produção: multifuncionalidade e agricultura familiar**. Rio de Janeiro: Mauad, p. 169-199, 2003.

SAMPAIO, I. B. M. **Estatística aplicada à experimentação animal**. 2^a.ed. Belo Horizonte: Fundação de Estudo e Pesquisa em Medicina Veterinária e Zootecnia, 2002. 265p.

SAMUEL-JOHNSON, K.; ESTY, D. C. **Pilot Environmental Sustainability Index Report**. Davos (Switzerland): World Economic Forum: Annual Meeting, 2000. 41 p.

SÃO PAULO (Estado). **Secretaria do Meio Ambiente**. Estudo de impacto ambiental - EIA, relatório de impacto ambiental - RIMA: manual de orientação. São Paulo, 1992. 39 p.

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

SAS. **Machine Learning**. Disponível em: <https://www.sas.com/pt_br/insights/analytics/machine-learning.html>. Acesso em: 28 mar 2019b.

SAS. **SAS® OnDemand for Academics**. Disponível em: <https://www.sas.com/en_us/software/on-demand-for-academics.html>. Acesso em: 31 mar 2019c.

SAS. **The ROBUSTREG Procedure - Exemple 98.2 Robust ANOVA**. Disponível em: <http://support.sas.com/documentation/cdl/en/statug/68162/HTML/default/viewer.htm#statug_rreg_examples02.htm>. Acesso em: 28 mar 2019d.

SCHAFFER, Cullen. Selecting a classification method by cross-validation. **Machine Learning**, v. 13, n. 1, p. 135-143, 1993.

SCHMITZ, Matthias. **1944: Dia D na Normandia**. 6 jun. 2019. Deutsche Welle Brasil. Disponível em: <<https://www.dw.com/pt-br/1944-dia-d-na-normandia/a-319002>>. Acesso em: 10 nov. 2020.

SEDAC, Socioeconomic Data and Applications Center. **Environmental Sustainability Index (ESI)**. Disponível em: <<http://sedac.ciesin.columbia.edu/data/collection/esi/>>. Acesso em: 07 fev. 2019.

SHIELDS, D.; SOLAR, S.; MARTIN, W. The role of values and objectives in communicating indicators of sustainability. **Ecological Indicator**, v. 2, n. 1-2, p. 149-160, nov. 2002.

SHIELDS, Deborah J.; ŠOLAR, Slavko V.; MARTIN, Wade E. The role of values and objectives in communicating indicators of sustainability. **Ecological Indicators**, v. 2, n. 1-2, p. 149-160, 2002.

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, jul.-dez. 2007.

SIDEY-GIBBONS, Jenni AM; SIDEY-GIBBONS, Chris J. *Machine Learning* in medicine: a practical introduction. **BMC medical research methodology**, v. 19, n. 1, p. 64, 2019.

SILVA SILVEIRA, M. **Qualidade dos alimentos e sua construção social: o sistema de inspeção municipal e as feiras dos produtores na aglomeração urbana de Piracicaba**. 2018. 113p. Dissertação (Mestrado em Ciências). Piracicaba: Programa de Pós-Graduação Interunidades em Ecologia Aplicada ESALQ-CENA, Universidade de São Paulo. 2018.

SILVA, Gabriel Ferreira dos Santos. **Detecção de Fraudes em Cartão de Credito, utilizando machine learnig e estatística robusta**: dissertação em Estatística e Inteligência Artificial da ESALQ. In: Apresentação na disciplina LCE1270 Inteligência Artificial, Big-Small Data e Gestão para Indústria, Serviços e Fazenda 4.0. 5 nov. 2020. Disponível em: <<https://gest-certif-estat-lce1270.blogspot.com/2020/11/aula-5112020.html>>. Acesso em: 10 nov. 2020.

SKILLETER, G. A. Validation of rapid assessment of damage in urban mangrove forests and relationships with Molluscan assemblages. **J. Mar. Biol. Ass UK**, v. 76, p. 701–716, 1996.

SPEELMAN, E. N.; LÓPEZ-RIDAURA, S.; COLOMER, N. A.; ASTIER, M. Ten years of sustainability evaluation using the MESMIS framework: Lessons learned from its application in 28 Latin American case studies. **International Journal of Sustainable Development & World Ecology**, v. 14, p. 345–361, 2007.

STEINBORN, W.; SVIREZHEV, Y. Entropy as an indicator of sustainability in agro-ecosystems: North Germany case study. **Ecological Modelling**, v. 133, n. 3, p. 247-257, set. 2000.

STOCKHAMMER, Engelbert; HOCHREITER, Harald; OBERMAYR, Bernhard; STEINER, Klaus. The index of sustainable economic welfare (ISEW) as an alternative to GDP in measuring economic welfare. The results of the Austrian (revised) ISEW calculation 1955-1992. **Ecological Economics**, v. 21, n. 1, p. 19-34, 1997.

SURVEYMONKEY. **Escala de Likert.** Disponível em: <<https://pt.surveymonkey.com/mp/likert-scale/>>. Acesso em: 28 mar. 2019.

TAN, Pang-Ning; STEINBACH, Michael; KARPATNE, Anuj; KUMAR, Vipin. **Introduction to data mining**. Chapter 7 Cluster Analysis: Basic Concepts and Algorithms. Pearson Education India, 2018. Disponível em: <https://www-users.cs.umn.edu/~kumar001/dmbook/ch7_clustering.pdf>. Acesso em: 28 mar. 2019.

TELLARINI, V.; CAPORALI, F. An input/output methodology to evaluate farms as sustainable agroecosystems: an application of indicators to farms in central Italy. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 77, p. 111-123, 2000.

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

THEODORSSON-NORHEIM, Elvar. Kruskal-Wallis test: BASIC computer program to perform nonparametric one-way analysis of variance and multiple comparisons on ranks of several independent samples. **Computer methods and programs in biomedicine**, v. 23, n. 1, p. 57-62, 1986.

THROSBY, C. D. Agriculture in the economy: the evolution of economists' perceptions over three centuries. **Review of Marketing and Agricultural Economics**, v. 54, n. 3, p. 5-48, 1986.

TIBSHIRANI, Robert. Regression shrinkage and selection via the lasso. **Journal of the Royal Statistical Society, Series B, Methodological**, v. 58, n. 1, p. 267-288, 1996.

TRIVELLATO, Gabriela Maria Leme. **O Grupo de Extensão de São Pedro/SP (GESP) da ESALQ/USP e a Multifuncionalidade da Agricultura**. 2017. 76p. Trabalho de Conclusão de Curso – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba. Biblioteca Digital de Trabalhos Acadêmicos - BDTCC/USP. 2018.

TRIVELLATO, Gabriela Maria Leme; DOS SANTOS, Mayara Araújo. O Papel dos Seres Humanos na Manutenção dos Ecossistemas. **Revista Relicário**, v. 6, n. 11, p. 104-116, 2019.

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, 2020a, p. 11-12. Disponível em:

<http://www.depi.unicamp.br/wp-content/uploads/2020/10/ANAIS_NWGM.pdf>. Acesso em: 22 out. 2020.

TRIVELLATO, Gabriela Maria Leme; SARRIÉS, Gabriel Adrián; FURLAN, Gustavo Nazato. *Machine Learning* para análise do banco de dados do "Sistema de avaliação ponderada da multifuncionalidade da agricultura (MFA)". In: Workshop on Probabilistic and Statistical Methods, 8., 2020, São Carlos, SP, Brazil. **Anais Eletrônicos...** São Carlos: ICMC/USP - DEs/UFSCar, 2020b, p. 33-34. Disponível em: <<http://wpsm.icmc.usp.br/Programa8WPSM.pdf>>. Acesso em: 18 out. 2020.

TRIVELLATO, Gabriela Maria Leme; SARRIÉS, Gabriel Adrián; FURLAN, Gustavo Nazato. EQUILÍBRIO AMBIENTAL E MULTIFUNCIONALIDADE DA AGRICULTURA. In: Semana de Integração em Manejo e Tecnologias de Recursos Renováveis, 3., 2020. Sorocaba, SP, Brasil. **Anais Eletrônicos...** Sorocaba: UFSCar, 2020c, p. 59. Disponível em: <https://474bc01a-b449-40fc-8721-1a8c0a964876.filesusr.com/ugd/666475_8626c7cc53014607baf9085b156b8f31.pdf>. Acesso em: 18 out. 2020.

TUKEY, J. W. **Exploratory data analysis**. Reading: Addison-Wesley, 1977.

TUKEY, J. W. The future of data analysis. **Annals of Mathematical Statistics**, Baltimore, MD, v. 33, p. 1-67, 1962.

TUNSTALL, D. Developing and using indicators of sustainable development in Africa: an overview. Prepared for the Network for Environment and Sustainable Development in Africa (NESDA). In: **Thematic Workshop on Indicators of Sustainable Development**, May 16-18, 1994, Banjul, The Gambia, 1994. (Draft paper).

TUNSTALL, D. Developing environmental indicators: definitions, framework and issues. Background materials for the World Resources Institute. In: **Workshop on Global Environmental Indicators**, December 7-8, 1992, Washington, D.C., World Resources Institute, 1992. (Draft paper).

TURRA, Christian ; FERNANDES, Elisabete A. de Nadai ; Bacchi, Márcio Arruda ; SARRIÉS, Gabriel Adrián ; REYES, Andrés Enrique Lai . Temporal variability of rare earth elements in Ultisol soil under citrus plants. **Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry**, v. 324, p. 219-224, 2020.

UNSDP - UNITED NATIONS SUSTAINABLE DEVELOPMENT PROGRAM. **Agenda 21: chapter 40**. Disponível em: <<https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/Agenda21.pdf>>. Acesso em: 18 jan. 2019.

URSINI, Tarcila Reis; SEKIGUCHI, Celso. **Desenvolvimento sustentável e responsabilidade social**: rumo à terceira geração de normas ISO. In: Uniemp Inovação: Inovação e Responsabilidade Social, São Paulo: Instituto Uniemp, 2004.

VAN BELLEN, Hans Michael. Desenvolvimento sustentável: uma descrição das principais ferramentas de avaliação. **Ambiente & Sociedade**, v. 7, n. 1, p. 67-88, jan.-jun. 2004a.

VAN BELLEN, Hans Michael. Indicadores de sustentabilidade: um levantamento dos principais sistemas de avaliação. **Cadernos eBAPE. Br**, v. 2, n. 1, p. 01-14, 2004b.

VAN BELLEN, Hans Michael. **Indicadores de sustentabilidade: uma análise comparativa**. FGV Editora, 2005.

VAN DER WERF, H. M. G.; PETIT, J. Evaluation of the environmental impact of agriculture at the farm level: a comparison and analysis of 12 indicator-based methods. **Agriculture, Ecosystems e Environment**, v. 93, p. 131-145, 2002.

VASCONCELOS, S.; CONCI, A. **Análise de Componentes Principais (PCA)**. Curso Análise de Imagens - Department of Computer Science UFF BR. Disponível em: <<http://www2.ic.uff.br/~aconci/PCA-ACP.pdf>>. Acesso em: 8 nov. 2020.

VÁSQUESZ CARDONA, David. La agroecología confrontando al agronegocio. Bases para latransformación de las relaciones sociales de producción en el campo. **REVISTA ALASRU**, Análisis Latinoamericano del Medio Rural. Nueva Época no. 9, p. 139-163, 2014.

VERONA, L. A. F. A real sustentabilidade dos modelos de produção da agricultura: Indicadores de sustentabilidade na agricultura. **Horticultura Brasileira**, v. 28, n. 2, p. 52-66, 2010.

VERONA, L. A. F. **Avaliação de sustentabilidade em agroecossistemas de base familiar e em transição agroecológica na região sul do Rio Grande do Sul**. 2008. 193p. Tese (Doutorado em Ciências). Pelotas: Programa de Pós-graduação em Agronomia, Univ. Federal de Pelotas. 2008.

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

VILAIN, L., GIRARDIN, P., MOUCHET, C., SCHNEIRDER, F., VIAUX, P. **IDERICA**: Etude prospective sur la caractérisation et le suivi de la durabilité des exploitations agricoles françaises. Rapport final, 12/2004. Financée par le Ministère de l'Agriculture, de l'Alimentation, de la Pêche et des Affaires Rurales, France.

VILAIN, Lionel. (coord.) **La Méthode IDEA** - Indicateurs de Durabilité des Exploitations Agricoles: guide d'utilisation (2ème edition). Dijon: Ed. Educagri; Min. Agric. Et de la Pêche; La Bergerie National Rambouillet. 2003. 148 p.

WACKERNAGEL, M.; REES, W. **Our Ecological Footprint**: Reducing Human Impact on the Earth. Philadelphia, PA: New Society Publishers, 1996. 160 p.

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

WARWICK, R. M.; CARR, M. R.; CLARKE, K. R.; GEE, J. M.; GREEN, R. H. A mesocosm experiment on the effects of hydrocarbon and copper pollution on a sublittoral soft-sediment meiobenthic community. **Marine Ecology Progress Series**, p. 181-191, 1988.

WASSERMAN, Larry. **All of statistics**: a concise course in statistical inference. 1st Ed. New York: Springer Science+ Business Media, 2004.

WATZLAWICK, Luciano Farinha; KIRCHNER, Flávio Felipe; DE AZAMBUJA MADRUGA, Pedro Roberto. Avaliação de classificação digital em imagens de vídeo multiespectral utilizando matriz confusão. **RECEN-Revista Ciências Exatas e Naturais**, v. 5, n. 1, p. 47-57, 2003.

WEBINSIDER. **Matriz de Eisenhower**. Disponível em: <<https://webinsider.com.br/matriz-de-eisenhower/>>. Acesso em: 28 mar 2019.

WERKEMA, M. C. C. **Ferramentas estatísticas básicas para o gerenciamento de processos**. Belo Horizonte: QFCO, 1995.

WOJTUSIAK, Janusz; WARDEN, Tobias; HERZOG, Otthein. *Machine Learning* in agent-based stochastic simulation: Inferential theory and evaluation in transportation logistics. **Computers & Mathematics with Applications**, v. 64, n. 12, p. 3658-3665, 2012.

WOORTMANN, Klass. Com parente não se negueia: O campesinato como ordem moral. **Anuário Antropológico**, n. 87, p. 11-73, 1990.

WWF. **Certificação Florestal**. Disponível em: <https://www.wwf.org.br/natureza_brasileira/questoes_ambientais/certificacao_florestal/>. Acesso em: 28 mar 2019.

ZAHM, F.; VIAUX, P.; GIRARDIN, P.; VILAIN, L.; MOUCHET, C. Assessing Farm Sustainability with the IDEA Method: from the Concept of Agriculture Sustainability to Case Studies on Farms. **Sustainable Development**, v. 16, n. 4, p. 271-281, 2008.

ZAHM, F.; VIAUX, P.; GIRARDIN, P.; VILAIN, L.; MOUCHET, C. Farm Sustainability Assessment using the IDEA Method: From the concept of farm sustainability to case studies on French farms. In: Symposium of the International Forum on Assessing Sustainability in Agriculture (INFASA), 1., 2006, Bern, Switzerland. **Anais eletrônicos...** Bern: International Institute for Sustainable Development and Swiss, College of Agriculture, Bern University of Applied Sciences, 2006, p. 77-110. Disponível em:

<<http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.117.8720&rep=rep1&type=pdf#page=90>>. Acesso em: 26 out. 2020.

ZAHM, Frédéric; GIRARDIN, Philippe; MOUCHET, Christian; VIAUX, Philippe; VILAIN, Lionel. De l'évaluation de la durabilité des exploitations agricoles à partir de la méthode IDEA à la caractérisation de la durabilité de la «ferme européenne» à partir d'IDERICA. In: Colloque international Indicateurs Territoriaux du Développement Durable, 2005, Provence, France. **Anais eletrônicos...** Provence: Université Paul Cézanne (Aix-Marseille III, France), 2005. 17p. Disponível em: <https://idea.chlorofil.fr/fileadmin/documents/En_savoir_plus/IDEA_IDERICA_colloque_aix.pdf>. Acesso em: 26 out. 2020.

ZUUR, Alain; IENO, Elena N.; MEESTERS, Erik. **A Beginner's Guide to R**. New York: Springer Science & Business Media, 2009.