

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALFENAS

JOSÉ RICARDO MIOTTO GABRIELLI

**AVALIAÇÃO DA SUSTENTABILIDADE SOCIOECONÔMICA E AMBIENTAL EM PROPRIEDADES
RURAS DE MINAS GERAIS PELO MÉTODO ISA**

Varginha/MG

2021

JOSÉ RICARDO MIOTTO GABRIELLI

**AVALIAÇÃO DA SUSTENTABILIDADE SOCIOECONÔMICA E AMBIENTAL EM PROPRIEDADES
RURAIS DE MINAS GERAIS PELO MÉTODO ISA**

Dissertação apresentada como parte dos requisitos para obtenção de Mestre em Economia pela Universidade Federal de Alfenas. Área de concentração: Economia e Desenvolvimento.

Orientador: Prof. Dr. Marcelo Lacerda Rezende

Coorientador: Prof. Dr. Alain Hernández Santoyo

Varginha/MG

2021

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal de Alfenas
Biblioteca *campus* Varginha

Gabrielli, José Ricardo Miotto.
G118a Avaliação da sustentabilidade socioeconômica e ambiental em propriedades rurais de Minas Gerais pelo método ISA / José Ricardo Miotto Gabrielli. - Varginha, MG, 2021.
80 f. : il. -

Orientador: Marcelo Lacerda Rezende.
Dissertação (mestrado em Economia) - Universidade Federal de Alfenas, *campus* Varginha, 2021.

Bibliografia.

1. Economia. 2. Sustentabilidade - Indicadores. 3. Sustentabilidade e meio ambiente. 4. Propriedades rurais - Sustentabilidade. I. Rezende, Marcelo Lacerda. II. Título.

JOSÉ RICARDO MIOTTO GABRIELLI

**AVALIAÇÃO DA SUSTENTABILIDADE SOCIOECONÔMICA E AMBIENTAL EM PROPRIEDADES
RURAS DE MINAS GERAIS PELO MÉTODO ISA**

A Banca examinadora abaixo-assinada aprova a Dissertação apresentada como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Economia pela Universidade Federal de Alfenas. Área de concentração: Economia e Desenvolvimento.

Aprovada em: 24 de Agosto de 2021

Prof. Dr. Marcelo Lacerda Rezende
Instituição: Universidade Federal de Alfenas

Prof. Dr. Alain Hernández Santoyo
Instituição: Universidade Federal de
Alfenas

Prof. Dr. Manoel Vitor de Souza
Veloso Instituição: Universidade
Federal de Alfenas

Profa. Dra. Adriana Monteiro da Costa
Instituição: Universidade Federal de Minas
Gerais



Documento assinado eletronicamente por ADRIANA MONTEIRO DA COSTA, Usuário Externo, em 24/08/2021, às 11:55, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por Marcelo Lacerda Rezende, Professor do Magistério Superior, em 24/08/2021, às 11:57, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por Alain Hernandez Santoyo, Professor do Magistério Superior, em 25/08/2021, às 07:38, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por Manoel Vitor de Souza Veloso, Professor do Magistério Superior, em 25/08/2021, às 15:21, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



[A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://sei.unifal-mg.edu.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0](https://sei.unifal-mg.edu.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0), informando o código verificador 0579736 e o código CRC 1DF6917E.

AGRADECIMENTOS

Aos Professores Dr. Marcelo Lacerda Rezende e Dr. Alain Hernández Santoyo, orientador e coorientador respectivamente, pela dedicação, conhecimentos transmitidos e confiança depositada na realização deste trabalho.

À Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Economia da UNIFAL pela política de incentivo à produção acadêmica, sendo o presente trabalho realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

Aos Bibliotecários pelo suporte durante a elaboração dessa dissertação.

RESUMO

Devido a necessidade urgente de melhorar a sustentabilidade dos agroecossistemas, vários esforços têm sido feitos para avaliar o efeito de estratégias alternativas sobre as principais variáveis ambientais e socioeconômicas nos níveis agrícola, ambiental e regional. Um sistema integrado para aferição do desempenho econômico, social e ambiental se apresenta com o objetivo de auxiliar a gestão de estabelecimentos rurais. O objetivo deste estudo foi avaliar a sustentabilidade de propriedades rurais em municípios de Minas Gerais por meio da aplicação do método ISA. A partir de uma população de 39 unidades de produção familiar, foram avaliados indicadores da qualidade do solo e da água, bem como a realização de entrevistas para avaliar a percepção dos agricultores sobre a qualidade do solo, da água, da vegetação e também dos aspectos socioeconômicos dos agroecossistemas. As informações coletadas permitiram uma classificação das propriedades em 4 grupos distintos. O valor médio do ISA para as propriedades foi de 0,57, abaixo do valor de 0,70 que é considerado ideal, sendo esse conjunto classificado como em estado de desenvolvimento. Foi feita uma comparação entre o ISA de 39 propriedades aplicadas nos anos de 2013 e 2016, permitindo verificar uma melhoria das condições de sustentabilidade após a implantação de diversas ações identificadas após a primeira aplicação. Assim, através dos resultados encontrados, chegou-se à conclusão de que o ISA é uma ferramenta adequada para avaliar a sustentabilidade de propriedades rurais, sugerir melhorias e ainda identificar *trade-offs* em termos de sustentabilidade entre os aspectos socioeconômicos e ambientais, identificando melhorias após 3 anos de acompanhamento dessas propriedades.

Palavras-chave: Indicadores; sustentabilidade; agroecossistemas; Sistema ISA.

ABSTRACT

Due to the urgent need to improve the sustainability of agroecosystems, several efforts have been made to evaluate the effect of alternative strategies on the main environmental and socioeconomic variables at the agricultural, environmental and regional levels. An integrated system for the measurement of economic, social and environmental performance is presented with the objective of assisting the management of rural establishments. The aim of this study was to evaluate the sustainability of rural properties in municipalities of Minas Gerais through the application of the ISA method. From a population of 39 family production units, indicators of soil and water quality were evaluated, as well as interviews to evaluate farmers' perception of soil, water, vegetation and socioeconomic aspects of agroecosystems. The information collected allowed a classification of the properties into 4 distinct groups. The mean ISA value for the properties was 0.57, below the value of 0.70 that is considered ideal, and this set is classified as in a state of development. A comparison was made between the ISA of 39 properties applied in the years 2013 and 2016, allowing to verify an improvement of sustainability conditions after the implementation of several actions identified after the first application. Thus, through the results found, it was concluded that ISA is an appropriate tool to assess the sustainability of rural properties, suggest improvements and also identify trade-offs in terms of sustainability between socioeconomic and environmental aspects, identifying improvements after 3 years of monitoring of these properties.

Keywords: indicators; sustainability; agroecosystems; ISA system.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Mapa de regiões de Minas Gerais.....	43
Figura 2- Dendograma de agrupamentos, utilizando o método de Ward	49
Figura 3- Resultado do teste U de Mann Whitney.....	51
Figura 4- Média dos indicadores da dimensão Socioeconômica	52
Figura 5- Média dos indicadores da dimensão Ambiental	53

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Dimensão Socioeconômica	27
Quadro 2 - Dimensão Ambiental	29
Quadro 3 - Resumo de Técnicas de Análise por Objetivo Específico	35

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Principais atividades nos imóveis rurais.....	44
Tabela 2- Diversificação da renda nos imóveis rurais	44
Tabela 3- Valor da dívida nas propriedades estudadas.....	45
Tabela 4- Serviços básicos disponíveis nas propriedades estudadas.....	45
Tabela 5- Gestão do conhecimento e da informação nas propriedades estudadas.....	46
Tabela 6- Resíduos e efluentes gerados nos imóveis pesquisados.....	47
Tabela 7- Grupos de propriedades formados a partir da análise de agrupamentos.....	48
Tabela 8- Características predominantes dos 4 grupos de propriedades.....	54
Tabela 9- Dados estatísticos de indicadores socioeconômicos e ambientais	58
Tabela 10- Teste de Wilcoxon para indicadores socioeconômicos 2013- 2016	59
Tabela 11- Teste de Wilcoxon para indicadores ambientais 2013- 2016	59

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	10
1.1	HIPÓTESE	12
1.2	OBJETIVOS	12
1.3	JUSTIFICATIVA.....	13
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	15
2.1	ABORDAGEM DOS INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE.....	15
2.2	INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE PARA UM AGROECOSSISTEMA	16
2.3	SISTEMAS INFORMATIZADOS DE INDICADORES USADOS NO MUNDO.....	22
2.4	MODELO ISA - INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE EM AGROECOSSISTEMAS.....	24
2.4.1	Balanco econômico	30
2.4.2	Balanco social	31
2.4.3	A gestão	31
2.4.4	A qualidade do solo e da água	32
2.4.5	O manejo dos sistemas de produção	32
2.4.6	A diversificação da paisagem rural e conservação da vegetação nativa	33
3	MATERIAIS E MÉTODOS	34
3.1	ÁREA DE ESTUDO	34
3.2	CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA.....	34
3.3	DADOS E FONTES	34
3.5	TÉCNICAS DE ANÁLISE.....	35
3.5.1	Análise de agrupamento ou conglomerados	36
3.5.3	Teste não paramétrico de intervalos com sinal de Wilcoxon	41
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	43
4.1	CARACTERIZAÇÃO DAS PROPRIEDADES RURAIS AVALIADAS	43
4.2	CLASSIFICAÇÃO DAS PROPRIEDADES RURAIS COM BASE NO ISA.....	47
4.3	COMPARAÇÃO ENTRE OS INDICADORES DO ISA NOS AGRUPAMENTOS	53
4.4	EVOLUÇÃO DOS INDICADORES SOCIOECONÔMICOS, AMBIENTAIS E ISA ENTRE 2013 E 2016 ..	58
5	CONCLUSÕES	61
	REFERÊNCIAS	63

1 INTRODUÇÃO

Após a Segunda Guerra mundial, desenvolveu-se um novo modelo capitalista identificado por três fatores: atividades econômicas globais, inovação baseada no trinômio de conhecimento e produtividade e competitividade, bem como as redes de fluxos financeiros que podem ser descritas como a nova economia transacional (CAPRA, 2003). Essa mudança ocasionada por estes processos econômicos transacionais, a partir da produção, da distribuição e do consumo de bens e serviços e pelo esgotamento do modelo de acumulação de capital, impôs às regiões necessidades de reorganização estrutural e ambiental (INÁCIO *et al.*, 2013).

Em 1972, em meio ao impasse criado entre desenvolvimento econômico capitalista e preservação ambiental, foi publicado o estudo intitulado *The Limits to Growth*, que passaria a ser a tônica dos debates da Conferência da Organização das Nações Unidas (ONU) sobre Meio Ambiente Humano, realizada em Estocolmo, e em grande parte dos debates durante toda a década, culminando na Comissão Mundial sobre Meio Ambiente. (ONU, [2020])

Uma das possíveis soluções propostas à época foi do crescimento zero, mas logo esta proposta foi refutada pelos países em desenvolvimento, despertando, então, outro conceito – o ecodesenvolvimento, destacando que deveria ser calcado na dimensão regional e local e ao uso adequado dos recursos naturais, proposição defendida por Sachs (1986). Neste sentido, o mesmo autor veio a estender o conteúdo originalmente proposto a este respeito ao apresentar, também, um novo enfoque participativo de planejamento e gestão, orientado por um conjunto interdependente de postulados éticos, a saber: atendimento das necessidades humanas fundamentais (materiais e intangíveis), promoção da autoconfiança das populações envolvidas e o cultivo da prudência ecológica. Assim, a redução do consumo supérfluo e do desperdício, por parte da minoria rica, e a cobertura universal das necessidades fundamentais da maioria pobre e socialmente excluída assumiam papéis proeminentes (SACHS, 2007).

Por outro lado, o modelo convencional predominante de agricultura, baseado em monoculturas, resulta em significativos impactos ambientais, e sociais. No âmbito ambiental, provoca a perda da biodiversidade, a degradação do solo, contaminação e escassez de água,

além do risco causado pela intensa utilização de produtos químicos, que afetam o meio ambiente, os consumidores e os trabalhadores rurais. No que se refere à questão social, este tipo de sistema está diretamente relacionado à exclusão dos pequenos produtores, em razão dos altos custos dos insumos utilizados, maquinários, equipamentos, entre outros custos impostos pelo pacote tecnológico disponível para o manejo das culturas, o que tem como resultado o aumento do êxodo rural e da pobreza (BARROS, 2014; FLORESTAS, 2016; SALTON *et al.*, 2005).

Diante desta situação surge a necessidade de mudanças significativas na forma do uso da terra, com a busca de sistemas produtivos sustentáveis que considerem, além da produtividade, os aspectos socioeconômicos e ambientais. Nesse contexto, a sustentabilidade na agricultura tornou-se temática prioritária nas discussões da agenda 21 brasileira, tratando principalmente dos impactos causados por esta atividade nos biomas nacionais. Dentro desta temática discutem-se as condições ideais para aliar ganhos de produtividade e a conservação do meio ambiente, aperfeiçoar a produção utilizando a menor quantidade possível de insumos externos, garantir retorno apropriado ao produtor, além de atender as necessidades sociais das famílias e comunidades rurais (BIANCO, 2016; BNDES; JANEIRO; ROMEIRO, 2012; SIQUEIRA, 2001; ZHANG *et al.*, 2016).

Quantificar e qualificar a sustentabilidade em unidades de produção agrícolas vem se tornando uma necessidade para muitos produtores, assim estes estão procurando adotar práticas direcionadas e/ou voltadas à sustentabilidade, tais como a certificação, e o rastreamento da produção, permitindo com que os consumidores possam conhecer seus produtos e seus processos relacionados às práticas sustentáveis que vêm sendo ou são realizadas na propriedade.

Frente a constante necessidade de avaliar a sustentabilidade, Gliessman (2009) reforça a importância de utilizar ferramentas que permitam analisar o agrossistema, evidenciando seu desempenho, sua eficiência como um sistema produtivo e também os problemas que estão sendo enfrentados.

Atualmente, são vários os métodos que podem ser utilizados para mensurar e avaliar a sustentabilidade de uma unidade de produção. Entre eles, a utilização de indicadores procura descrever um processo específico e/ou particular da realidade local. Entretanto, não há um

conjunto de indicadores globais adaptáveis a qualquer realidade (DEPONTI; ECKERT; AZAMBUJA, 2002).

No Brasil, entre outras estratégias, estabeleceu-se o projeto denominado “Adequação Socioeconômica e Ambiental das Propriedades Rurais”, capitaneado pela Secretaria de Estado de Agricultura, Pecuária e Abastecimento de Minas Gerais (Seapa-MG), com o objetivo de orientar os produtores na gestão de suas atividades produtivas, bem como do espaço rural, compreendidos nos limites de sua propriedade, com vistas à sustentabilidade. Para sua execução, foi desenvolvido o sistema Indicadores de Sustentabilidade em Agroecossistemas (ISA), em uma parceria com diversas instituições. (FERREIRA *et al.*, 2012)

O Projeto Estratégico começou a ser concebido em 2009, a partir do Decreto no 45.166, de 4 de setembro de 2009 (MINAS GERAIS, 2009), que regulamenta a Lei no 14.309, de 19 de junho de 2002 (MINAS GERAIS, 2002). Por meio desta Lei, pela primeira vez, é reconhecido o uso consolidado nas Áreas de Preservação Permanente (APPs), onde são necessários manejo e utilização diferenciados, a fim de manter a função ambiental sem perder de vista a manutenção social e econômica dos produtores (FERREIRA *et al.*, 2012).

1.1 HIPÓTESE

A hipótese central deste estudo é que os indicadores de sustentabilidade possibilitam avaliar a viabilidade de um sistema produtivo, apontando possibilidades de diminuição dos impactos ambientais e contribuindo para a recuperação e proteção do meio ambiente. Além disso, geram uma série de informações úteis para auxiliar o gestor público na elaboração e no monitoramento de programas específicos de intervenção em áreas ou situações problemáticas.

1.2 OBJETIVOS

Este trabalho tem como objetivo geral avaliar a sustentabilidade de propriedades rurais em municípios de Minas Gerais por meio da aplicação do método ISA.

Especificamente pretende-se:

- a) caracterizar o perfil dos agroecossistemas de propriedades rurais das regiões central e metropolitana de Belo Horizonte do Estado de Minas Gerais, considerando seus aspectos econômicos, sociais e ambientais;
- b) classificar as diferentes propriedades de acordo com suas características apontadas pelo método ISA;
- c) comparar os indicadores socioeconômicos, ambientais e o ISA entre os grupos;
- d) Analisar a evolução dos indicadores socioeconômicos e ambientais das propriedades no período de 2013 a 2016.

1.3 JUSTIFICATIVA

Em várias áreas da ciência, o conceito da “sustentabilidade” é extremamente discutido e sempre relacionado com a conservação dos recursos naturais, associada, com o desenvolvimento econômico e social. Conforme Barbosa *et al.* (2017), considera-se um sistema ou processo como sustentável quando o mesmo é realizado de forma orientada para o benefício da população sem agredir o meio ambiente. No entanto, vários autores (BORLACHENCO; BARBOSA GONÇALVES, 2017; RANGEL; SILVA, 2007), destacaram que a implantação de atividades agropecuárias sem as devidas preocupações com a sustentabilidade, vem promovendo desequilíbrio nos ecossistemas como, por exemplo, a utilização dos solos até o esgotamento e a degradação, tornando-os impróprios para explorações futuras.

Existe uma pressão social relacionada com a preservação ambiental, devido aos impactos já observados pela escassez dos recursos naturais e aumento da demanda por esses recursos (KUZMA *et al.*, 2015). Em um sistema de produção, as necessidades devem ser supridas sem intervir nas possibilidades futuras, ou seja, os recursos indispensáveis para a produção no futuro não devem ser esgotados para atender as necessidades atuais (GOMES *et al.*, 2017). Dessa forma, torna-se evidente a necessidade de quantificar os impactos dos diferentes tipos de manejo, através de indicadores de sustentabilidade que possam guiar a ação e subsidiar o desenvolvimento sustentável, obedecendo a parâmetros que assegurem a manutenção dos recursos naturais no futuro.

Um indicador de sustentabilidade é um instrumento essencial para obtenção de informações sobre uma dada realidade, principalmente, para evidenciar modificações que ocorrem no ambiente devido a ação antrópica (CÂNDIDO *et al.*, 2015; GUIMARÃES *et al.*, 2015). Além disso, é impossível determinar a sustentabilidade de um sistema considerando apenas um indicador, ou indicadores que se refiram a apenas um aspecto do sistema (MUKHERJEE; LAL, 2014). Nesse sentido, deve-se empregar sempre um conjunto de indicadores para avaliação da sustentabilidade, pois somente através das relações entre eles é possível estabelecer um padrão de respostas dos sistemas e então prever futuras condições.

Assim sendo, o presente trabalho se justifica por apresentar uma experiência de pesquisa que visa analisar indicadores sociais, econômicos e ambientais para avaliar a sustentabilidade em agroecossistemas de base familiar em algumas regiões do Estado de Minas Gerais durante certo período de tempo.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Este capítulo apresenta uma revisão da literatura sobre diferentes abordagens para estudar sistemas agrícolas sustentáveis, com foco específico em suas contribuições e limitações relacionadas à compreensão da formação dos agroecossistemas. As principais abordagens selecionadas para esta análise foram ligadas aos indicadores de sustentabilidade dos agroecossistemas, pois estes têm sido particularmente importantes na avaliação da agricultura sustentável nos últimos anos, muitas vezes promovendo princípios semelhantes, mas empregando estratégias distintas apropriadas para diferentes ambientes (ALTIERI, 2004; RENTING *et al.*, 2009). Para cada abordagem, resumiu-se os princípios norteadores, destacou-se as utilizações de cada metodologia e considerou-se as limitações potenciais quando a abordagem é usada isoladamente na avaliação dos espaços na propriedade rural.

2.1 ABORDAGEM DOS INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE

Durante a década de 1990, principalmente em sua segunda metade, o interesse pelos indicadores de sustentabilidade foi intensificado, tanto pelos órgãos governamentais, quanto pelos não governamentais, os institutos de pesquisa e universidades em todo o mundo. Devido a tal fato, ocorreram diversos encontros e conferências sobre o tema, como: o Encontro sobre Indicadores Ambientais e de Desenvolvimento Sustentável, ocorrido em 1993, em Genebra, organizado pelo *United Nations Environmental Program* (UNEP); o colóquio internacional realizado em 1996, na França (BOUNI, 1996) que teve como tema “Indicadores de Desenvolvimento Sustentável”; (MARZALL; ALMEIDA, 2000); e, ainda em 1996, o encontro no Centro de Conferências de Bellagio, na Itália, do qual resultou “Os Princípios de Bellagio”, utilizados como um guia para avaliar desde a escolha e o projeto de indicadores, até a sua comunicação de resultados (FERREIRA; SILVA, 2019).

Atualmente, segundo Ferreira e Silva (2019), existem metodologias importantes sendo desenvolvidas para avaliar a sustentabilidade de sistemas de manejo, a fim de promover uma maior conservação dos recursos naturais, equidade social e eficiência econômica, são eles:

- a) Pegada Ecológica, do livro *Our Ecological Footprint*, de Wackernagel; Rees, (1996), visa medir o grau em que as demandas ecológicas humanas têm em relação à capacidade da biosfera de fornecer bens e serviços;
- b) Metodologia MESMIS - *Marco para la Evaluación de Sistemas de Manejo de Recursos Naturales Mediante Indicadores de Sustentabilidad* (ASTIER; MASERA; LOPEZ-RIDAURA, 1999);
- c) Sistema *Compass of Sustainability*: fornece informações acerca da direção do desenvolvimento e seu grau de sustentabilidade (ATKISSON; HATCHER, 2001);
- d) Modelo *Dashboard of Sustainability* (Painel de Instrumentos de Sustentabilidade) (HARDI; ZDAN, 1997);
- e) Painel Metas de Desenvolvimento do Milênio (MDGs), a fim de permitir a comparação de dados sociais, econômicos e ambientais dos últimos dez anos, entre outros (ONU, [2000]).

2.2 INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE PARA UM AGROECOSSISTEMA

O desenvolvimento sustentável no campo das ciências agrárias foi fortalecido pelo conceito acadêmico de Agroecossistema. Esse conceito se refere a uma unidade fundamental de estudo, nos quais os ciclos minerais, as transformações energéticas, os processos biológicos e as relações socioeconômicas são vistas e analisadas em seu conjunto, como uma unidade de análise englobando princípios, conceitos e metodologias para aferir o desempenho ambiental, social e econômico (DIAZABAKANA *et al.*, 2014).

De acordo com Gliessman (2009), existem três níveis fundamentais no processo de transição para agroecossistemas sustentáveis.

- a) o primeiro diz respeito ao incremento da eficiência das práticas convencionais para reduzir o uso e consumo de insumos externos caros e escassos ao meio ambiente;
- b) já o segundo nível da transição se refere à substituição de insumos e práticas convencionais por práticas alternativas, sendo a principal meta substituir os insumos e práticas intensivas em capital, contaminantes e degradadoras do meio ambiente por outras mais ecológicas;

- c) o terceiro e mais complexo nível da transição é representado pelo redesenho dos agroecossistemas, para que funcionem com base em novos conjuntos de processos ecológicos.

Assim sendo, pode-se considerar desejáveis para um agroecossistema os atributos:

- a) produtividade: consiste na habilidade de um agroecossistema em produzir uma quantidade de bens e serviços;
- b) equidade: habilidade do sistema em distribuir a produtividade (benefícios e custos) de uma maneira justa;
- c) estabilidade: propriedade do sistema de ter um estado de equilíbrio dinâmico estável, ou seja, que mantenha a produtividade do sistema em um nível não decrescente ao longo do tempo em condições médias e normais;
- d) resiliência: capacidade do sistema de retornar ao estado de equilíbrio ou manter seu potencial produtivo depois de sofrer perturbações;
- e) confiabilidade: capacidade do sistema de manter-se em níveis próximos ao equilíbrio em casos de perturbações normais do ambiente;
- f) adaptabilidade ou flexibilidade: capacidade do sistema de encontrar novos níveis de equilíbrio, isto é, de continuar sendo produtivo em caso de mudanças a longo prazo no ambiente;
- g) autodependência ou autogestão: capacidade do sistema de regular e controlar suas interações com o exterior.

Assim, na tentativa de compreender e monitorar o processo de degradação dos recursos naturais, desde 1990, a comunidade científica tem discutido as propriedades físicas e químicas dos agroecossistemas de forma integrada para melhor compreendê-los. O entendimento dos agroecossistemas é necessário para a manutenção da produtividade agrícola e para minimizar os problemas ambientais causados pelos processos de produção derivados da revolução verde (CASALINHO *et al.*, 2007; VEZZANI; MIELNICZUK, 2009).

Uma alternativa para facilitar a compreensão dos agroecossistemas é o uso de um índice que incorpore a multidimensionalidade do espaço pesquisado, envolvendo variáveis quantitativas e/ou qualitativas, padronizadas e sintetizadas em um número que indique o nível de sustentabilidade do território estudado (ASTIER; GÁLVAN-MIYOSHI, 2008; SEPÚLVEDA, 2008). Esse índice consiste em indicadores de sustentabilidade, que são

ferramentas essenciais na identificação de problemas e na busca de sua solução, através da participação e percepção das pessoas que vivem na área pesquisada (GUIMARÃES; FEICHAS, 2009), e também por meio de indicadores analisados em laboratórios (CAMARGO; ALLEONI, 1997; IORI; DIAS JÚNIOR; SILVA, 2012). Os indicadores mostram o estado de saúde do agroecossistema, o que reflete o *status quo* do nível de sustentabilidade (ou falta dele) do sistema. De acordo com Doran e Parkin (1994), os indicadores utilizados para o monitoramento das unidades de produção devem ser sensíveis aos métodos de gestão e também ser compatíveis com uma escala de tempo propícia à verificação. Nesse sentido, por exemplo, na avaliação de indicadores de qualidade física do solo, Brandão *et al.* (2006), recomenda análise de densidade e porosidade macro e total. Camargo e Alleoni (1997) e Iori, Dias Júnior e Silva (2012) sugerem a adição de resistência mecânica do solo a penetração como parâmetro importante para a medição da compactação.

Essa avaliação, por meio dos indicadores de sustentabilidade para os aspectos sociais, econômicos e ambientais dos agroecossistemas tem sido utilizada em estudos de caso em diversas regiões do mundo (ASTIER; GÁLVAN-MIYOSHI, 2008; GARCÍA; RAMÍREZ; SÁNCHEZ, 2012; HUMBERTO *et al.*, 2012; MOLDAN; JANOUŠKOVÁ; HÁK, 2012; YAO *et al.*, 2013).

Os indicadores utilizados na avaliação de um determinado território podem ser convertidos em um índice, agregando os indicadores, resumindo o arcabouço ambiental da área estudada (BARRIENTOS, 2006; SEPÚLVEDA, 2008). O índice agregado utilizado para avaliar o desenvolvimento sustentável deve ser monitorado em um determinado cronograma para verificar se os indicadores melhoram, permanecem inalterados ou pioram (ASTIER; GÁLVAN-MIYOSHI, 2008; BARRIENTOS, 2006; SEPÚLVEDA, 2008).

Marzall e Almeida (2000) destacam a importância de definir a escala espacial e temporal e o público-alvo, sem perder de vista a aplicabilidade dos indicadores selecionados para determinar os aspectos mais relevantes a serem monitorados. Depois de estabelecido o conjunto de indicadores, é essencial promover as interações entre os componentes e suas dimensões, refletindo o sistema na sua forma mais global, ou seja, realizando uma abordagem sistêmica.

De acordo com Braga e Freitas (2002), indicadores de sustentabilidade seguem três vertentes principais:

- a) vertente biocêntrica - focada na busca por indicadores biológicos, físico-químicos ou energéticos de equilíbrio ecológico de ecossistemas;
- b) vertente econômica - centrada em avaliações monetárias do capital natural e do uso de recursos naturais;
- c) vertente que busca a interação entre indicadores relacionados ao ecossistema natural com indicadores referentes ao sistema econômico e à qualidade de vida humana.

A utilização de indicadores e índices é associada aos termos: parâmetro, indicador, subíndice e índice, que, muitas vezes, são apenas citados na literatura, o que pode contribuir para uma interpretação equivocada durante a aplicação dos indicadores, descrição e discussão dos resultados.

Diante disso, é fundamental que os conceitos desses termos sejam relatados a fim de esclarecer também possíveis dúvidas. De acordo com Silva e Souza-Lima (2010), estes termos podem ser definidos como:

- a) parâmetro - corresponde a uma grandeza que pode ser medida com precisão ou avaliada qualitativamente/quantitativamente, e que se considera relevante para a avaliação dos sistemas ambientais, econômicos, sociais e institucionais;
- b) indicador - parâmetros selecionados e considerados isoladamente ou combinados entre si, sendo de especial pertinência para refletir determinadas condições dos sistemas em análise;
- c) sub-índice - constitui uma forma intermédia de agregação entre indicadores podendo também utilizar métodos de agregação;
- d) índice - corresponde a um nível superior de agregação, no qual após aplicado um método de agregação aos indicadores, e/ou aos subíndices, é obtido um valor final.

Segundo Altieri e Nichols (1999), indicadores devem apresentar as seguintes características: relativamente certos e fáceis de interpretar; suficientemente sensíveis para refletir mudanças ambientais e o impacto de práticas de manejo sobre o solo, as culturas e criações; capazes de integrar propriedades físicas, químicas e biológicas do solo; e relacionar-se com processos do agroecossistema, como, por exemplo, capturar a relação entre diversidade vegetal e estabilidade de populações de pragas e doenças.

A escolha do conjunto de indicadores deve ser coerente com os propósitos da avaliação.

Para tanto, é necessário ter clareza sobre:

- a) O que avaliar?
- b) Por que avaliar?
- c) Como avaliar?
- d) Por quanto tempo avaliar?
- e) Quais os indicadores necessários para avaliação?
- f) De que maneira serão expostos, integrados e aplicados os resultados da avaliação para melhorar os sistemas analisados?

Deponti, Eckert e Azambuja (2002) ainda ressaltam que a clareza quanto aos aspectos citados é fundamental, pois devem orientar a definição quanto ao tipo de indicador recomendado para monitorar um objeto proposto. Isso porque não são raros os casos de monitoramento de atividades que geram muitas informações, e que, posteriormente, são pouco utilizadas no monitoramento, planejamento e condução dos sistemas de produção agropecuário e florestal.

Dessa forma, após definido o conjunto de indicadores, a partir das suas características, é realizado uma análise conjunta deles. Entretanto, a geração de um índice, apesar de ser uma alternativa de tornar mais clara e prática a informação, pode reduzir a riqueza dos detalhes, tornando importante que o indicador seja analisado tanto em conjunto como isoladamente (SILVA; SOUZA-LIMA, 2010).

Indicadores bem desenvolvidos devem ter a capacidade de sintetizar de forma bem clara dados relevantes, quantificando, qualificando e transmitindo informações de uma maneira que seja fácil de entender (KURKA; BLACKWOOD, 2013).

Um bom equilíbrio entre qualidade e quantidade de informação e seus custos também é muito importante (BERTOCCHI; DEMARTINI; MARESCOTTI, 2016). Selecionar poucos indicadores pode impedir o reconhecimento de fatores importantes. Por outro lado, selecionar muitos requer muitas despesas de coleta de dados, tempo e recursos financeiros, além de tornar mais difícil a interpretação dos dados.

Os indicadores deveriam permitir também uma análise histórica dos dados, possibilitando mensurar a sua evolução ou progresso (RASMUSSEN *et al.*, 2017). Para obter

informações e construir um banco de dados, geralmente são utilizadas informações fornecidas pelo produtor, em pesquisas, medições de campo ou fotos de satélite (CHOPIN *et al.*, 2017).

Para ser efetivo, um indicador deveria ser validado socialmente, através de estudos de caso comparados com padrões definidos pela sociedade, por isso, deve-se sempre avaliar uma variável considerando uma situação padrão ou ideal a ser alcançada (MARZALL; ALMEIDA, 2000). Ressalta-se que os indicadores devem ser dirigidos aos usuários, sendo compreensível, útil e significativo aos seus propósitos (LIGHTFOOT *et al.*, 1993). Por fim, é essencial que as medidas e parâmetros definidos para analisar e interpretar os dados sejam sempre claros, de forma a não restar dúvidas sobre os métodos usados no processo de avaliação (FERREIRA *et al.*, 2012; MARZALL; ALMEIDA, 2000).

Segundo Ferreira e Silva (2019), existem uma série de métricas como o ISA, Ambitec-Agro, o método APOIA-Novo Rural, entre outros. Esses indicadores funcionam no mesmo caminho: obter, processar e quantificar dados para medir a sustentabilidade e, assim, fornecer uma imagem de onde melhorias podem ser feitas.

No caso do ISA, busca-se apontar potencialidades que, às vezes, o produtor não consegue enxergar, no sentido de maximizar pontos positivos. Como, por exemplo, acesso a mercados, recebimentos por serviços ambientais, melhoria na organização dos produtores e fortalecimento das redes sociais, melhoria na gestão financeira, maior eficiência no aporte e ciclagem de nutrientes nos sistemas de produção agrossilvipastoris, e aproveitamento de resíduos orgânicos (FERREIRA *et al.*, 2012).

Para a coleta de informações, os sistemas geralmente utilizam entrevistas, coleta de dados no campo e dados governamentais disponíveis.

De acordo com a (OECD, 2003), um bom indicador tem relevância política, solidez analítica e mensurabilidade. Indicadores também deveriam conter parâmetros econômicos comparáveis entre diferentes países e commodities (RASMUSSEN *et al.*, 2017). Este último requisito é difícil de cumprir, pois os países têm diferentes leis, ecossistemas e padrões de qualidade e sustentabilidade. Pode não haver um indicador ideal para todos os países, pois podem haver diferenças culturais e estruturais significativas até mesmo dentro de um Estado de um mesmo país.

Didaticamente, os indicadores podem ser divididos segundo as dimensões:

- a) Econômica - envolvem principalmente a medição da renda líquida dos produtores e o rendimento (RASMUSSEN *et al.*, 2017). Outros indicadores frequentemente utilizados são a capacidade de um estabelecimento rural sobreviver a vários riscos e choques, diversificação e multifuncionalidade (BERTOCCHI; DEMARTINI; MARESCOTTI, 2016), distribuição de renda e quantidade total de subsídios (CHOPIN *et al.*, 2017);
- b) Social - referem-se ao bem-estar, educação, saúde, questões legais e arranjos institucionais (RASMUSSEN *et al.*, 2017). Outros indicadores utilizados são as condições de trabalho, a qualidade dos produtos, o desenvolvimento cultural e humano da comunidade rural (BERTOCCHI; DEMARTINI; MARESCOTTI, 2016), a autossuficiência alimentar, mão de obra total necessária (CHOPIN *et al.*, 2017), a quantidade de tempo de lazer e prevalência de problemas de saúde relacionados ao trabalho (DOGLIOTTI *et al.*, 2014). A maioria dos agricultores trabalha longos dias com pouco tempo livre aos domingos e feriados;
- c) Ambiental – geralmente focados na qualidade da água e do solo, na manutenção da biodiversidade e sobre questões relacionadas às mudanças climáticas (BERTOCCHI; DEMARTINI; MARESCOTTI, 2016; GIRARDIN; BOCKSTALLER; WERF, 2000).

Por fim, segundo Ferreira e Silva (2019), é de extrema importância a utilização de indicadores de sustentabilidade na escala de um agroecossistema, permitindo o gerenciamento desse complexo sistema, envolvendo a atividade agrícola e os outros fatores que compõem a paisagem rural (clima, relevo, água, aspectos socioeconômicos, entre outros), além das características próprias da região onde o mesmo se situa para auxiliar na interpretação dos resultados.

2.3 SISTEMAS INFORMATIZADOS DE INDICADORES USADOS NO MUNDO

No seu trabalho, Da Fonseca *et al.* (2019), comentam que uma avaliação geral dos sistemas empregados para ajudar na medição da sustentabilidade das propriedades agrícolas foi feita na Dinamarca, comparando-se soluções de indicadores de sustentabilidade em relação ao processo e a complexidade para empregá-las. Foram avaliadas mais de 40 soluções e apenas quatro delas atenderam a todos os critérios desejáveis e levaram em conta as

dimensões ambiental, social e econômica da sustentabilidade. A solução RISE (*Response Inducing Sustainability Evaluation*) (HÄNI *et al.*, 2003) foi a que teve os melhores resultados para medir a sustentabilidade de propriedades rurais. O experimento concluiu que o uso e as utilidades das informações foram efetivas para os indicadores serem utilizados e para uma solução ser implementada.

O AESIS (*Agro-Environmental Sustainability Information System*) foi inicialmente aplicado à agricultura orgânica e depois expandido para outras culturas (PACINI; LAZZERINI; VAZZANA, 2011). Essa solução compreende muitos subsistemas que geram indicadores ambientais de interesses pontuais. Eles formularam respostas possíveis às questões de sustentabilidade e pontos críticos para os setores agrícolas das zonas econômicas e agroecológicas locais, identificando limiares para indicadores. Esse formato é semelhante ao ISA (FERREIRA *et al.*, 2012) mas neste, os indicadores são divididos em subgrupos, o limiar crítico é o mesmo para todos os indicadores e as ações para enfrentar os problemas descobertos são definidas no plano de ação.

Segundo Van Cauwenbergh *et al.* (2007), o sistema SAFE (*Sustainability Assessment of Farming and the Environment*) estrutura as informações relativas ao sistema agro econômico de forma hierárquica, para avaliar sua sustentabilidade. Três níveis, chamados porção, fazenda e paisagem são definidos. Essa estrutura também visa explorar os dados do sistema agroecológico de forma mais generalista para obter um resultado mais conciso de sua sustentabilidade estipulada. No aspecto ambiental, leva-se em conta dados adquiridos do ar, solo, água, energia e biodiversidade. Na perspectiva econômica, a viabilidade financeira do negócio é analisada. Para a questão social, a qualidade e a segurança da produção de alimentos, qualidade de vida dos trabalhadores e das famílias, aceitação social e cultural da atividade são consideradas.

Existem também outros exemplos de estudos baseados em modelos agrícolas para análise de políticas na União Européia. Por exemplo, o projeto SEAMLESS (Sistema de Modelagem Ambiental e Agrícola - vinculando a União Europeia) desenvolveu uma ferramenta de avaliação informatizada e integrada para medir impacto de novas políticas agrícolas e ambientais, baseada em indicadores que abrangem as escalas de campo, fazenda, região, UE e nível global (VAN ITTERSUM *et al.*, 2008). As informações de nível agrícola são retiradas dos dados da FADN (*Farm Accountancy Data Network* - Rede de Dados de

Contabilidade Agrícola na Europa) e complementadas por pesquisas regionais sobre práticas de produção agrícola e modelos biofísicos. O projeto desenvolveu um modelo integrado orientado a metas (SEAMLESS-IF) para selecionar indicadores dentro de 80 indicadores ambientais, 140 econômicos e 11 sociais (ALKAN *et al.*, 2009). Uthes *et al.* (2011) mostram que, no total, 31 desses indicadores podem ser utilizados na escala agrícola (tipos de fazenda). Belhouchette *et al.* (2011); Louhichi *et al.* (2010) utilizaram o modelo agrícola FSSIM, que foi desenvolvido no SEAMLESS, para avaliar diferentes cenários políticos.

No âmbito do projeto MEA-Scope, também usando dados da FADN, Uthes *et al.* (2011) combinam modelagem baseada em agentes (AgriPoliS) e modelagem bio-econômica de fazenda integral (MODAM) para simular mudanças estruturais e o desenvolvimento de vários indicadores de nível agrícola (por exemplo, uso de pastagens, exigência de mão-de-obra, unidades de pecuária, lixiviamento, etc.) sob presença e ausência de pagamentos diretos da *Common Agricultural Policy (CAP)* em quatro regiões da UE na Alemanha, Itália, Dinamarca e Polônia. Também utilizando MODAM, Uthes *et al.* (2011) analisam efeitos ambientais (risco de lixiviamento de nitrato) e custos de conformidade dentro da fazenda da medida agroambiental "extensificação de pastagens" na Alemanha. Schuler e Sattler (2010) aplicam MODAM para modelar o impacto dos cenários políticos na renda agrícola e na erosão do solo.

Também na Alemanha, Ehrmann (2010) combina o modelo agrícola FARMIS com indicadores ambientais selecionados da abordagem KUL para avaliar os impactos ecológicos e econômicos dos cenários políticos no nível agrícola (por exemplo, uma redução de 50% dos pagamentos diretos, introdução de um imposto sobre o excedente de nitrogênio).

2.4 MODELO ISA - INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE EM AGROECOSSISTEMAS¹

Como se pode perceber até aqui, os indicadores podem ser compreendidos como instrumento que permite mensurar as modificações nas características de um determinado sistema (DEPONTI; ECKERT; AZAMBUJA, 2002) e avaliar uma situação presente e sua tendência de comportamento, bem como estabelecer um termo de comparação em escala temporal e espacial (CORRÊA; TEIXEIRA, 2008).

¹ Nesta seção, o modelo ISA é descrito com base em FERREIRA *et al.* (2012). Portanto, os parágrafos não referenciados diretamente têm como base estes autores.

Para tanto, um indicador deve avaliar uma variável, com base em uma situação padrão ou ideal a ser alcançada (MARZALL, 1999), e ser validado socialmente, por meio da aplicação de estudos de caso comparados com padrões determinados pela sociedade.

Portanto, a escolha dos parâmetros e as medidas para análise e interpretação dos dados devem ser claras e transparentes, sem deixar dúvidas sobre os princípios utilizados no processo de avaliação (MARZALL; ALMEIDA, 2000). A construção de uma metodologia precisa, de fácil aplicação e de baixo custo, que integre fatores econômicos, sociais e ambientais em diferentes locais, é um dos desafios para avaliação da sustentabilidade nos agroecossistemas.

O ISA foi concebido visando otimizar a relação entre sensibilidade e custo/facilidade de aplicação. Para isso utiliza indicadores já conhecidos e validados pela literatura, que sejam de baixo custo e fáceis de serem aplicados por técnicos ou produtores sem treinamento especializado (FERREIRA *et al.*, 2012).

Segundo Ferreira *et al.* (2012), o sistema ISA é apresentado como ferramenta de gestão para o produtor, com o objetivo de realizar um diagnóstico dos balanços social, econômico e ambiental do estabelecimento, apontar pontos críticos ou riscos e os pontos positivos e oportunidades de negócios. Além disso, gera uma série de informações úteis para auxiliar o gestor público na identificação de vulnerabilidades socioeconômicas, fragilidades ambientais, entraves e potencialidades de atividades agrossilvipastoris na escala de uma sub bacia hidrográfica, bem como na elaboração e no monitoramento de programas específicos de intervenção em áreas ou situações problemáticas, de programas indutores para adoção de práticas de adequação ambiental e socioeconômica, ou de programas para o reconhecimento e premiação de produtores com bom desempenho ambiental. Desse modo, o sistema deve ser robusto, replicável e adotado em larga escala, mas, ao mesmo tempo, deve considerar as especificidades locais na interpretação e contextualização das informações geradas. A descrição do ISA, feita a seguir, está baseada em Ferreira *et al.* (2012).

O conjunto de indicadores que compõem o ISA avalia alguns princípios e critérios que norteiam a transição de agroecossistemas para um padrão de maior sustentabilidade:

- a) planejamento do uso do solo, de infraestruturas e técnicas de produção para a conservação dos solos e recursos hídricos;
- b) manejo integrado dos sistemas de produção;
- c) manejo integrado de resíduos;

- d) adoção de práticas de estímulo à proteção da biodiversidade;
- e) atendimento das normas (código florestal, licenciamento, água, legislação trabalhista, etc.);
- f) relacionamento com a comunidade;
- g) acesso a programas educacionais e de capacitação;
- h) acesso aos serviços básicos;
- i) diversificação da paisagem agrícola.

A aplicação do ISA envolve entrevistas com os produtores rurais, análises de solo e da água, avaliação, pelos técnicos, de determinadas condições da propriedade e a percepção dos agricultores sobre a qualidade do solo, da água, da vegetação e também dos aspectos socioeconômicos dos agroecossistemas. Esses resultados são organizados em planilhas do Excel, as quais foram disponibilizadas para a presente pesquisa.

O conjunto de indicadores foi agrupado em sete subíndices, envolvendo as dimensões econômica, social e ambiental. Esse sete subíndices são divididos em: Balanço Econômico, Balanço Social, Gestão do Estabelecimento Rural, Capacidade Produtiva do Solo, Qualidade da Água, Manejo dos sistemas de produção e Ecologia da paisagem Agrícola.

O método ISA prevê a aplicação das ferramentas metodológicas que compõem os indicadores em cada uma das propriedades, para subsidiar a análise da situação atual a partir da identificação dos problemas e potencialidades das propriedades. Assim, espera-se que o ISA permita ainda identificar as oportunidades e demandas do mercado local e regional; a disponibilidade de água para consumo e produção; a infraestrutura existente; as máquinas e equipamentos disponíveis; as características socioeconômicas e culturais do grupo familiar e seus interesses em relação à revitalização produtiva. Feito esse diagnóstico nas propriedades rurais, identificando em cada uma delas o ISA, para o projeto em estudo, foram elaborados projetos de adequação produtiva, levando em consideração as informações obtidas no estudo técnico das propriedades, os interesses dos produtores, as condições financeiras, a capacidade de gestão e as oportunidades de comercialização da produção no mercado local e regional. A reaplicação do ISA, em intervalos de 3 a 5 anos, foi feita com o objetivo de avaliar se as intervenções provocaram mudanças no mesmo.

Sendo assim, a planilha que gera o Indicador de Sustentabilidade de uma Agroecossistema (ISA) é formada por 21 indicadores que abrangem as dimensões sociais,

econômicas e ambientais, que são organizados na planilha ISA em dois blocos de indicadores: socioeconômicos e ambientais, conforme os quadros 1 e 2.

Quadro 1 - Dimensão socioeconômica

(continua)

Indicador*	Descrição
1. Produtividade	Verificar a produtividade e o valor de venda do(s) produto(s) de maior peso na receita bruta total do estabelecimento e comparar com a média do município.
2. Diversificação da renda	Levantar a proporção da renda obtida de atividades agrícola, pecuária e florestal no empreendimento (imóvel rural e as outras áreas que complementam a renda das atividades rurais), e da renda obtida de outras fontes de renda (aposentadoria, bolsa de auxílio, aporte de recursos de outras atividades profissionais ou rendas de aluguel, etc.). Neste item também é verificado a ocorrência de concentração da renda bruta estimada em uma única atividade agrícola (acima de 80%).
3. Evolução patrimonial	Analisar a evolução ou regressão patrimonial de um estabelecimento em um determinado período, por meio da verificação e da valoração das benfeitorias, dos equipamentos, das máquinas, dos semoventes (animais), da ampliação das áreas de produção agrossilvipastoril e de irrigação, e do preço da terra na região.
4. Grau de endividamento	Este indicador complementa as informações obtidas pelo indicador anterior, com o objetivo de verificar o grau de endividamento do produtor, por meio da avaliação da proporção do montante de empréstimos contraídos (custeio agrícola, pecuário, investimentos, Pronaf, entre outros) em relação ao valor estimado do patrimônio, levantado no item 13.3 do questionário.
5. Serviços básicos / Seg. alimentar	Verificar, nas residências de familiares e de funcionários do estabelecimento, o acesso de alguns serviços básicos: disponibilidade de água em quantidade e qualidade; coleta de lixo; energia elétrica; acesso regular ao transporte público (acesso em um raio de, aproximadamente, 3 km e trafegabilidade durante o ano), acesso regular ao transporte escolar; telefone; internet e acesso ao serviço de saúde (assistência médica, Programa Saúde da Família – PSF, atendimento hospitalar, ambulatorial e odontológico).
6. Escolaridade, capacitação	Verificar as informações relativas à escolaridade e à participação em cursos de capacitação (curta e média duração), direcionados às atividades agropecuárias do estabelecimento, de todos os integrantes da família com vínculo direto com a atividade do estabelecimento, e da mão de obra contratada efetiva. Verificar o acesso das crianças em idade escolar à rede básica de ensino.

Quadro 1 - Dimensão socioeconômica

(conclusão)

Indicador*	Descrição
7.Qualidade do emprego gerado	Verificar o cumprimento da legislação trabalhista e uma série de recomendações e determinações do Ministério do Trabalho para os estabelecimentos que empregam pessoas nos sistemas de produção (mão de obra contratada efetiva e temporária).
8.Gestão do empreendimento	Avaliar a capacidade de gestão do empreendedor com base no uso de instrumentos de controle, administração e acesso de informações e crédito: contabilidade; custo de produção; acesso ao crédito e à assistência técnica; regularização ambiental e o grau de organização dos produtores (participação dos responsáveis pelo empreendimento em cooperativas, associações, sindicatos, entre outros).
9.Gestão da informação	Verificar a utilização de ferramentas de gestão direcionadas aos fatores críticos identificados nas principais atividades, incluindo a adoção de técnicas inovadoras, ambientalmente adequadas, a capacidade de inovação do produtor rural e de liderança na comunidade de sua região, como também, a busca de informações de mercado para a comercialização de sua produção e, finalmente, a inserção de produtos em mercados diferenciados (produtos certificados, mercados que pagam um diferencial na qualidade) ou de mercados institucionais (programas de governo com comercialização direta do produtor ao consumidor, como, por exemplo, o programa da Conab de abastecimento da merenda escolar municipal, PAA e PNAE).
10.Gerenciamento de resíduos	Verificar o índice de coleta e destinação adequada do lixo (reciclável e não reciclável) produzidos no estabelecimento; verificar a destinação adequada do esgoto doméstico; verificar o índice de reaproveitamento dos resíduos sólidos orgânicos gerados no estabelecimento (compostagem, utilizados como adubação orgânica ou para alimentação de animais, para o caso das palhadas); e verificar o índice de tratamento e destinação adequada dos efluentes líquidos e gasosos, quando presentes, gerados no estabelecimento.
11.Segurança do trabalho	Verificar se no estabelecimento são utilizados agrotóxicos e produtos veterinários para controle de ecto e endoparasitas, como também, produtos utilizados para vacinação do plantel. Levantar quantas pessoas manipulam ou estão expostas a esses produtos, e se essas pessoas utilizam equipamentos de proteção individual. Observar o armazenamento e disposição adequada das embalagens de agrotóxicos e dos produtos veterinários.

Fonte: Planilha ISA (EPAMIG, 2021)

Nota: *No ISA o valor de cada item das dimensões pode variar entre 0 (zero) e 1(um), sendo valores aceitáveis a partir de 0,7.

Quadro 2 - Dimensão ambiental

(continua)

Indicador*	Descrição
12. Fertilidade do solo	Avaliar a capacidade de o ambiente prover os recursos mínimos necessários à manutenção dos sistemas de produção, assegurando uma produtividade estável com retorno econômico para o agricultor. São avaliados dez parâmetros relacionados com as propriedades químicas e físicas do solo. Para a interpretação dos dados foram utilizadas as publicações "Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais - 5ª aproximação" e "Cerrado: correção do solo e adubação" publicado pela Embrapa Cerrados.
13. Qualidade da água	Avaliar a qualidade da água de corpos d'água que passam pelo estabelecimento, utilizando 3 parâmetros: pH; coliformes termotolerantes e nitrato, além da avaliação qualitativa descrita no questionário (item 18) e avaliação da turbidez.
14. Risco de contaminação	Estimar o risco de contaminação de agrotóxicos em corpos d'água com base nas características de todos os agrotóxicos eventualmente utilizados no estabelecimento, considerando a persistência do princípio ativo no ambiente, a sua mobilidade no ambiente, a toxicidade da formulação, o volume aplicado e a vulnerabilidade de cada talhão, levando em conta a granulometria do solo, a proximidade com corpos d'água e o tipo de manejo do solo.
15. Avaliação solos degradados	Verificar a presença de solos em estágio de degradação, dimensionar a área e avaliar a sua intensidade (escala e potencial de impacto) e tendência de comportamento (intensificação, estabilização ou diminuição do processo).
16. Práticas de conservação	Avaliar o grau de adoção de uma série de medidas para a conservação dos solos em todos os sistemas de produção, adotadas pelo produtor. A verificação é realizada no campo. Também é verificado no imóvel rural e com o produtor, quais são as estratégias adotadas para o convívio com a seca ou estresse hídrico e para a conservação e armazenamento da água no imóvel rural.
17. Estradas	Verificar o estado de conservação das estradas, internas e externas (municipais, estaduais, etc.), observando a presença de abaulamentos ou de declividade transversal, de lombadas para o desvio de enxurrada, de bacias ou caixas de infiltração (para estradas em locais íngremes). Verificar se também o estado de conservação das mesmas (presença de buracos e sulcos de erosão).
18. Vegetação nativa	Avaliar o estado de preservação das áreas com vegetação nativa e o nível de fragmentação desses habitats no estabelecimento. Verifica-se também se estes fragmentos de vegetação nativa têm ligação com outros fragmentos nos estabelecimentos rurais vizinhos, formando corredores ecológicos. São identificadas as fitofisionomias (campo de altitude; campo higrófilo de várzea; campo de buritis; campo rupestre; cerrado ralo; cerrado típico; cerradão; mata de galeria; mata seca; floresta estacional decidual; floresta estacional semidecidual; floresta ombrófila e vegetação de caatinga) e o seu estado de conservação com base nas referências para os estágios sucessionais das principais fitofisionomias dos biomas Mata Atlântica, Cerrado e Caatinga.

Quadro 2 - Dimensão ambiental

(conclusão)

Indicador*	Descrição
19. APPs	Verificar se o uso e ocupação do solo nas APPs está em conformidade com a Lei Ambiental Mineira e o Novo Código Florestal, e o estado de conservação das APPs no entorno de nascentes e corpos d'água (cursos d'água, represas, lagoas, etc.).
20. Reserva Legal	Avaliar o cumprimento com a exigência de Reserva Legal (RL) e verificar se o imóvel rural possui área com vegetação nativa excedente à RL.
21. Diversificação da paisagem	Verificar a diversificação da paisagem agrícola nos talhões, no estabelecimento e no seu entorno.

Fonte: Planilha ISA (EPAMIG, 2021).

Nota: *No ISA o valor de cada item das dimensões pode variar entre 0 (zero) e 1(um), sendo valores aceitáveis a partir de 0,7.

2.4.1 Balanço econômico

O balanço econômico parte do pressuposto que o crescimento do valor do negócio pode ser associado ao seu sucesso. Opera verificando a produtividade e o valor de venda das atividades de maior peso na receita monetária total do estabelecimento (a média de produção de todos os talhões ou criações na propriedade é calculada e comparada com a média do município, obtida nos relatórios anuais do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), cooperativas, associações ou escritório local da EMATER-MG.

É avaliada a composição da renda do produtor (atividade agrícola; não agrícola; gerada dentro ou fora do estabelecimento; proveniente de aposentadoria, pensão ou ajuda financeira), considerando também se ocorre concentração de renda em uma única atividade.

Verifica a evolução ou regressão patrimonial do estabelecimento em um determinado tempo, calculado pela somatória da valorização da terra na região, benfeitorias, equipamentos, semoventes e modificações no uso e ocupação do solo. É verificado também o grau de endividamento do produtor, por meio da avaliação da proporção do montante da dívida total em relação ao valor do patrimônio estimado.

2.4.2 Balanço social

Verificam-se questões relativas à disponibilidade de bens e de serviços essenciais: disponibilidade de água em quantidade e qualidade; coleta pública de lixo; energia elétrica; telefone; internet; acesso regular ao transporte público e ao transporte escolar; serviço de saúde; segurança alimentar (disponibilidade de frutas, hortaliças e fontes de proteína animal).

São verificados ainda o grau de escolaridade e o acesso a cursos de capacitação de longa e/ou curta duração, de todas as pessoas envolvidas no empreendimento, como também, o acesso das crianças à rede básica de ensino regular. Finalmente, verifica-se o cumprimento da legislação trabalhista e de uma série de recomendações e determinações do Ministério do Trabalho e do Emprego (MTE) para os estabelecimentos que empregam pessoas nos sistemas de produção.

2.4.3 A gestão

Avalia-se a capacidade de gestão do empreendedor com base no uso de instrumentos adequados de controle, administração e acesso a informações relativas ao negócio, assim como alguns aspectos relacionados com a geração de resíduos e de medidas de segurança, quando se utilizam agrotóxicos e produtos veterinários.

Verifica-se o grau de adoção de algumas ferramentas de gestão, tais como: contabilidade; acesso à assistência técnica; participação de formas associativas; regularização ambiental e acesso ao crédito. Verifica-se também se há busca de informações de mercado, aplicação de tecnologias inovadoras, capacidade de inovação e de colocação de produtos em mercados diferenciados.

Com relação à gestão de resíduos gerados no estabelecimento, verificam-se a coleta, a destinação, o reaproveitamento e o tratamento dado aos resíduos sólidos e efluentes. Nos casos de uso de agrotóxicos e produtos veterinários, verificam-se o atendimento das normas de segurança para as pessoas que manipulam ou estão expostas a estes produtos, o seu armazenamento e a destinação adequada das embalagens vazias.

2.4.4 A qualidade do solo e da água

Com estes indicadores pode-se avaliar a capacidade de o ambiente prover os recursos mínimos necessários à manutenção dos sistemas de produção, assegurando uma produtividade estável com retorno econômico para o agricultor.

São avaliados nove parâmetros relacionados com as propriedades químicas e físicas do solo. Para a interpretação dos resultados foram utilizadas as publicações “Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais” (RIBEIRO; GUIMARÃES; ALVAREZ, 1999) e “Cerrado: correção do solo e adubação” (SOUSA; LOBATO, 2004).

São feitas avaliações da qualidade da água de nascentes, dos corpos d’água que passam pelo estabelecimento e da água subterrânea, conforme o enquadramento da Resolução do CONAMA no 430, de 13 de maio de 2011 (CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE-CONAMA, 2011) e Portaria no 518, de 25 de março de 2004 do Ministério da Saúde (BRASIL, 2005).

Os ecossistemas aquáticos também são avaliados nos pontos de coleta de amostras de água superficial. Finalmente é avaliado o potencial de contaminação da água com base nas características de todos os agrotóxicos, eventualmente utilizados no estabelecimento, considerando a persistência no ambiente e a mobilidade do ingrediente ativo, a toxicidade da formulação e o volume de calda aplicado.

2.4.5 O manejo dos sistemas de produção

Avaliam a adequação do manejo em curso com base no diagnóstico de sinais de degradação e erosão do solo. Verifica-se a presença de solos em estágio de degradação, considerando a área, a intensidade e a tendência de comportamento (intensificação, estabilização ou diminuição do processo).

Avalia-se também o grau de adoção de medidas para a conservação dos solos em todos os sistemas de produção. Além disso, verificam-se o estado de conservação das estradas e a adoção de medidas para sua conservação e drenagem (FERREIRA *et al.*, 2012).

2.4.6 A diversificação da paisagem rural e conservação da vegetação nativa

Estes indicadores avaliam o estado de preservação das áreas com vegetação nativa e o nível de fragmentação destes habitats no estabelecimento. São verificados o estado de conservação das áreas identificadas para preservação permanente (APPs), e avaliado o cumprimento com a exigência de Reserva Legal (RL), em conformidade com o Código Florestal (BRASIL, 2012).

Observa-se o grau de adoção de práticas que auxiliam na indução da agrobiodiversidade, a diversificação da paisagem na escala do estabelecimento agropecuário e o grau de diversificação das áreas fronteiriças em relação ao estabelecimento agropecuário, o que permite avaliar possíveis pressões advindas de extensas áreas de monocultura sobre as áreas de produção, ou a formação de corredores ecológicos interligando áreas de vegetação nativa com as propriedades vizinhas.

Para o preenchimento desses dados, utilizam-se as informações coletadas em campo e geradas por meio de técnicas de geoprocessamento de imagens de satélite.

Para cada indicador é gerado um índice que varia de 0 a 1, obtido a partir de funções que atribuem valor às variáveis, ao comparar o valor aferido no estabelecimento como valor de referência, utilizando-se fatores de ponderação para cada parâmetro avaliado.

O valor 0,7 é considerado como a linha de base ou limiar de sustentabilidade, ou seja, abaixo deste valor é considerada uma situação indesejável ou inadequada.

O sistema gera automaticamente um índice final a partir da média aritmética simples das notas atribuídas aos 21 indicadores.

Os valores obtidos também estão no intervalo de 0 a 1 e a nota 0,7 é considerada o valor de base para um bom desempenho ambiental, social e econômico. O sistema de avaliação permite a geração automática de gráficos e de tabelas agregando os indicadores em temas.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo são as propriedades rurais, situadas nas regiões central e metropolitana de Belo Horizonte do estado de Minas Gerais onde foram aplicadas as ferramentas metodológicas que compõem o Indicador de Sustentabilidade em Agroecossistemas (ISA).

3.2 CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA

Do ponto de vista da sua natureza, a pesquisa pode ser classificada como sendo aplicada. Prodanov e Freitas (2013) consideram que na pesquisa de natureza aplicada, os conhecimentos e resultados gerados são sujeitos à aplicação e podem também ser dirigidos para a solução de problemas existentes. Com relação ao objetivo, geral e específico, de acordo com Gil (1991) a pesquisa é explicativa, pois tem como propósito identificar fatores que determinam ou contribuem para a ocorrência de fenômenos. Já a abordagem é quantitativa, pois o ISA é um indicador quantitativo e serão usadas técnicas estatísticas para as análises de resultados.

3.3 DADOS E FONTES

Os dados utilizados no presente trabalho são de propriedades rurais e foram obtidos junto à Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural do Estado de Minas Gerais (EMATER–MG), com a anuência da Anglo Ferrous Minas-Rio Mineração S. A. Foram obtidos dados de 40 propriedades para o ano de 2013 e da reavaliação de 24 destas propriedades realizada em 2016.

A EMATER-MG foi contratada para desenvolver atividades de assistência técnica e extensão rural visando a reestruturação produtiva dessas propriedades, diretamente afetadas pelo empreendimento da Anglo Ferrous Minas-Rio Mineração S. A, conforme definido no Programa de Controle Ambiental (PCA), Programa de Reestruturação Produtiva (CONAMA, 1990) e condicionante correlata.

3.5 TÉCNICAS DE ANÁLISE

As técnicas de análise serão desenvolvidas em três etapas: análise descritiva, uma análise multivariada mediante técnicas de interdependência e análise inferencial por meio de testes estatísticos não paramétricos.

Na análise descritiva serão detalhados os valores dos indicadores das propriedades rurais avaliadas, sendo estes desmembrados de forma a discriminar os indicadores utilizados para cada análise específica do agroecossistema avaliado, ou seja, aspectos ambientais e socioeconômicos.

Na análise multivariada serão desenvolvidas as análises de agrupamento com o objetivo de classificar os dados em grupos e a análise comparativa para verificar o comportamento dos indicadores usando como parâmetro a média dos seus valores.

Na terceira etapa, será feito o teste não paramétrico de intervalos com sinal de Wilcoxon para demonstrar se existem diferenças estatisticamente significativas entre um período e o outro (2013 e 2016), considerando os dados disponíveis no momento inicial da aplicação do ISA e a sua posterior réplica 3 anos mais tarde nas mesmas propriedades e, assim, avaliar a gestão da sustentabilidade.

O Quadro 3 apresenta um resumo das técnicas de análise que foram utilizadas para atingir os objetivos especificados.

Quadro 3 – Resumo de Técnicas de Análise por objetivo específico

(continua)

Objetivos	Método	Características
Caracterizar o perfil dos agroecossistemas de propriedades rurais de regiões do Estado de Minas Gerais, considerando seus aspectos econômicos, sociais e ambientais	Descritivo	As propriedades rurais serão caracterizadas por atividades com maior produtividade, tamanho da propriedade e localização.

Quadro 3 – Resumo de Técnicas de Análise por objetivo específico

(conclusão)

Objetivos	Método	Características
Classificar as diferentes propriedades de acordo com suas características apontadas pelo método ISA.	Técnica de Agrupamento ou Conglomerado.	Formar grupos através da semelhança entre as propriedades utilizando a medida de distância Euclidiana e o processo hierárquico pelo método de Ward com a definição do número de grupos através de análise por dendograma.
Comparar os indicadores socioeconômicos, ambientais e o ISA entre os grupos.	Análise descritiva (Medidas de tendência central e dispersão)	Avaliar a dispersão das médias dos indicadores para identificar aqueles que apresentam a menor dispersão e fazer a comparação entre eles.
Analisar a evolução dos indicadores socioeconômicos, ambientais e ISA das propriedades no período de 2013 a 2016.	Avaliação de indicadores ISA das propriedades selecionadas nos anos de 2013 e 2016.	Utilizar os indicadores com menor dispersão como amostra para o teste não paramétrico de sinais de Wilcoxon para amostras dependentes e avaliar a evolução.

Fonte: Elaboração Própria

3.5.1 Análise de agrupamento ou conglomerados

Segundo Lattin *et al.* (2011), Fávero *et al.* (2009) e Sharma, (1996) a análise de agrupamentos, conglomerados, ou *Cluster Analysis*, é uma técnica de análise multivariada que tem por objetivo agrupar observações de acordo com suas características. Dessa forma, cada agrupamento, ou conglomerado, é homogêneo com respeito a certas características, ou seja, suas observações são similares entre si. Esses grupos serão diferentes dos outros em relação às mesmas características.

Para Hair *et al.* (2009), os objetivos da análise de agrupamentos são:

- a) descrição taxonômica: Identificar grupos naturais dentro dos dados;

- b) simplificação de dados: A habilidade de analisar grupos de observações semelhantes em vez de todas as observações individuais;
- c) identificação de relação: A estrutura simplificada da análise de agrupamentos retrata relações não reveladas de outra forma.

Malhotra (2012) e Hair *et al.* (2009) definem os seguintes passos para a realização de uma análise de agrupamentos: formulação do problema; escolha de uma medida de distância; escolha de um processo de agrupamento; decisão quanto ao número de agrupamentos; interpretação dos agrupamentos e avaliação da validade do processo de agrupamento.

Para poder unir indivíduos em grupos é necessário selecionar uma medida de semelhança de forma que ela marque a relação entre eles. Dentro dessas medidas, podem ser usados dois conceitos, distância ou similaridade.

Segundo Lattin, Carrol e Green (2011) e Hair *et al.* (2009), a similaridade entre as observações, ou a distância entre elas em um espaço multidimensional, pode ser mensurada de diferentes formas, sendo a mais comum a distância Euclidiana. Lattin *et al.* (2011) e Hair *et al.* (2009) afirmam, ainda, que a distância Euclidiana é aplicada mais comumente para dados padronizados, portanto essa medida será utilizada no presente trabalho.

Para Hair *et al.* (2009), outras medidas de distância importantes são: distância euclidiana, distância euclidiana quadrada (ou absoluta), distância *city-block* (de Manhattan), distância de Chebychev e distância de Mahalanobis.

Com relação aos processos de agrupamento, Malhotra (2012), Hair *et al.* (2009) e Sharma (1996) consideram que os mais utilizados são as técnicas hierárquicas e não-hierárquicas.

Nas técnicas hierárquicas, os grupos são separados em vários níveis, sem que se conheça a priori o número de agrupamentos ou a divisão inicial. Suas principais vantagens estão relacionadas com a simplicidade computacional e a possibilidade de visualização dos resultados na forma de um dendrograma. Para esse trabalho, foi utilizado o método hierárquico.

Nas técnicas não-hierárquicas, os grupos são formados por algum critério específico, exigindo assim, uma pré-definição dos grupos iniciais e de suas características.

Segundo Jain *et al.* (1999), a técnica hierárquica começa com o cálculo de todas as distâncias d_{ij} entre todos os objetos do espaço multidimensional. No total, $n(n+1)/2$ distâncias são computadas (sendo n o número de variáveis). Então, os dois objetos mais próximos, ou

mais similares, são reunidos em um agrupamento. Assim, $n - 1$ objetos restam no espaço. A distância entre os agrupamentos recém-formados e o restante dos objetos é recalculada. Este procedimento é repetido até que todos os objetos pertençam a um agrupamento. Dessa forma, uma hierarquia é definida com cada objeto, ou agrupamento já formado, pertencendo a um outro agrupamento com certo nível de similaridade.

De acordo com Fávero *et al.* (2009) e Hair *et al.* (2009), a distância entre um objeto e um agrupamento, ou entre dois agrupamentos, pode ser definida por meio de diversos métodos aglomerativos. Entre eles, o método *single linkage* baseia-se na distância mais próxima, ou seja, os dois objetos que se encontram a uma menor distância são reunidos em um agrupamento. O método do centróide utiliza a distância entre valores médios das observações das variáveis para obter a distância euclidiana entre dois agrupamentos. Para Kauffman (1990), o método de ligação de centróide possui a característica de gerar resultados inconsistentes quando a distância euclidiana não for utilizada na equação.

Marôco (2010), explica que o método de Ward utiliza a soma dos quadrados dos desvios das observações para os agrupamentos dos objetos. A cada estágio, essa soma é minimizada a partir da combinação de dois agrupamentos do estágio anterior.

Segundo Viana (2004), o método de Ward possui a tendência em combinar grupos com poucos elementos e é sensível a detecção de *outliers*, ao passo que o método de ligação média entre grupos possui a tendência de formar grupos com o número de elementos similares. Quanto ao método de ligação única, Viana (2004) afirma que em geral grupos muito próximos podem não ser identificados.

Existem trabalhos, tais como Hu *et al.* (2004) que usam simultaneamente várias técnicas de agrupamento e combinam seus resultados para tomar uma decisão final.

Escolhido o processo de agrupamento, o passo seguinte na análise é a decisão quanto ao seu número. Malhotra (2012) propõe algumas diretrizes para essa decisão: considerações teóricas, conceituais ou práticas podem sugerir um certo número de agrupamentos; no agrupamento hierárquico, as distâncias às quais são combinados os agrupamentos podem ser utilizadas como critérios; no agrupamento não-hierárquico, a razão da variância total dentro do grupo para a variância entre os grupos pode ser escrita em função do número de agrupamentos; os tamanhos dos agrupamentos devem ser significativos.

Finalmente, deve-se interpretar os agrupamentos e avaliar a validade do processo de agrupamento. Para a avaliação da validade do processo, Malhotra (2012) e Lattin *et al.* (2011) e Hair *et al.* (2009) propõem 3 diferentes métodos: que se faça a análise de agrupamentos sobre os mesmos dados, utilizando medidas de distância diferentes; que se utilize métodos diferentes de agrupamento, comparando-se os dados, ou ainda, que se separe aleatoriamente os dados em duas metades, fazendo o agrupamento separadamente sobre cada metade e, posteriormente, que se compare os centroides dos agrupamentos nas duas sub amostras.

Para avaliar a validade do processo de agrupamento primeiramente deverá ser feito o teste de normalidade, pois os eventos naturais representados por dados contínuos assumem diferentes distribuições de frequência, entre elas uma distribuição em forma de sino, chamada curva normal ou de Gauss.

Muitos dados apresentam distribuição não normal, especialmente em eventos de grande variabilidade, com desvio padrão maior que a metade do valor médio, contraindicando o uso de técnicas estatísticas destinadas a amostras normais, sob pena de enviesamento dos parâmetros e da inferência dos teste (TORMAN; COSTER; RIBOLDI, 2012).

Os testes de normalidade sofrem influência do tamanho amostral quanto à sua eficiência, sendo que em amostras pequenas são preferidos os testes de Shapiro-Wilk. Entretanto, todos os testes pressupõem a hipótese de normalidade dos dados (H_0), retornando um p-valor $> 0,05$ se resultarem na aderência aos parâmetros de normalidade (LEOTTI; BIRCK; RIBOLDI, 2005). Portanto, devido a quantidade de dados ser restrita a 39 propriedades, o teste de normalidade a ser usado será o teste de Shapiro-Wilk, pois para Cantelmo & Ferreira (2007), são considerados pequenos para análises estatísticas os valores de amostragem menores que 50 unidades.

Muitas técnicas estatísticas requerem a suposição de igualdade de variâncias das variáveis de interesse para as populações envolvidas. O teste padrão de homogeneidade de variâncias (teste de Bartlett) é uma ferramenta eficiente somente se as variáveis possuem distribuição aproximadamente normal. Quando a suposição de normalidade é violada, o tamanho do teste (taxa de rejeição da hipótese nula, quando ela é verdadeira) pode ser muito maior do que o nível de significância fixado. Um procedimento relativamente insensível a desvios da normalidade é o teste de Levene. Este teste é robusto, já que, na ausência de

normalidade, seu tamanho real é próximo do nível de significância fixado para uma grande variedade de distribuições de probabilidade (ALMEIDA; ELIAN; NOBRE, 2008).

Após a definição da distribuição das variáveis e da homogeneidade de variâncias, será possível verificar a validade da análise de agrupamento através dos testes de dispersão, dependendo se serão utilizados testes paramétricos ou não-paramétricos.

A análise de variância, ou ANOVA, por ser paramétrica, exige variáveis com distribuição normal, amostras independentes tomadas aleatoriamente e variâncias semelhantes das amostras (LEAL; SILVA; SOPELETE, 2005).

O teste de Kruskal-Wallis é o equivalente não paramétrico para a ANOVA em que os pressupostos de normalidade e homogeneidade das variâncias não são atendidos e é definido por Marôco (2010) como um teste não paramétrico empregado para avaliar se duas ou mais amostras provêm de uma mesma população ou de populações diferentes ou se as amostras derivam de populações com a mesma distribuição.

Dependendo do tipo de teste a ser usado para a verificação dos agrupamentos (ANOVA ou Kruskal-Wallis) podem ser usados testes *post hoc* (Ex.: Teste t de Student ou U-Mann-Whitney), que são necessários para identificar quais dos pares de grupos diferem após a realização da análise de dispersão, pois esta não informa quais grupos diferem, somente informa que existe uma diferença.

3.5.2 Análise comparativa entre os indicadores em cada grupo

Uma vez obtidos os agrupamentos, o próximo passo consistiu na comparação através da utilização de medidas de tendência central e dispersão para caracterização analítica dos conjuntos. Foi realizada a comparação dos 11 indicadores socioeconômicos e 10 indicadores ambientais.

Como medidas de tendência central foram usadas a média e a mediana e como medidas de dispersão foram utilizados o intervalo, o desvio padrão e o coeficiente de variância.

O intervalo é a medida mais simples de dispersão. Consiste em identificar os valores extremos do conjunto (mínimo e máximo), podendo ser expresso pela diferença entre o valor máximo e o mínimo pela simples identificação dos valores, porém não dá ideia de como os dados estão agrupados entre os extremos. Segundo Martins (2005), a variância proporciona

uma mensuração da dispersão dos dados em torno da média. Outra medida de dispersão é o Desvio Padrão, permitindo avaliar melhor a dispersão, pois quanto maior o desvio padrão, maior a dispersão dos dados em torno da média. Segundo Clegg (1987) o desvio padrão é uma das medidas estatísticas mais comumente usadas para demonstrar a variabilidade dos dados.

Para Moretin (1999), uma forma de utilizar duas medidas de dispersão para análise é utilizando o Coeficiente de Variação Percentual, que é uma medida de dispersão relativa, pois permite comparar a dispersão de diferentes distribuições (com diferentes médias e desvios padrões). Segundo Gomes (2009), considera-se os valores de Coeficiente de Variação como baixos, quando são inferiores a 10%, médios, quando estão entre 10 e 20%, altos, quando estão entre 20 e 30%, e muito altos, quando são superiores a 30%.

A avaliação comparativa utilizada neste trabalho teve como referência valores de Coeficiente de Variação menores ou iguais a 30%, pois, assim, há possibilidade de selecionar a maior quantidade de indicadores com nível de dispersão não muito altos, aumentando, portanto, a base de dados para análise.

Com o critério de análise definido foram selecionados os indicadores para a análise e em seguida foi feita a comparação dos valores dos indicadores entre os grupos, uma vez feita a comparação foi possível avaliar as características de cada grupo e assim perceber seu estágio de evolução. A partir desse ponto se pode verificar algum tipo de relação (*trade-off*) em termos de sustentabilidade entre as dimensões socioeconômicas e ambientais, podendo demonstrar possíveis interdependências entre essas dimensões.

3.5.3 Teste não paramétrico de intervalos com sinal de Wilcoxon

A principal vantagem dos testes não-paramétricos é que não é necessário saber sobre a distribuição original dos dados, sendo por isso chamados de testes livres de distribuição. Dentre outras vantagens estão: os cálculos são mais simples; podem ser aplicados para dados categóricos ou dados que podem somente ser medidos em escala ordinal; têm menor sensibilidade a erros de medida quando comparados com os métodos tradicionais; é possível utilizar dados de diferentes populações (em alguns testes não-paramétricos) e têm maior eficiência que os paramétricos se os dados populacionais não seguem distribuição normal.

Para Triolla (2005), o poder de um teste é a probabilidade de rejeitar a hipótese nula, quando esta é realmente falsa.

Os testes mais utilizados, para duas amostras emparelhadas dependentes, são o *Rank Test* (teste dos sinais) e o *Wilcoxon Signed Rank Test* (teste de Wilcoxon). O primeiro mede a proporção de dados que apresentam mudanças no sentido esperado. O segundo ajusta essa média levando em consideração a magnitude da mudança (PINHEIRO, 1996).

Então, para a hipótese da pesquisa (H_0), a hipótese nula é que a média na aplicação do instrumento inicial é igual à média no final, então, $H_0: \mu_i = \mu_f$, de forma equivalente se a diferença das médias for igual a zero, então $H_0: \mu = 0$. Ao não rejeitar a hipótese nula, infere-se que as médias do desempenho projetado e realizado são aderentes, o que leva à não rejeição da H_0 . Na pesquisa, utiliza-se o IBM-SPSS versão 21.0 para os testes estatísticos.

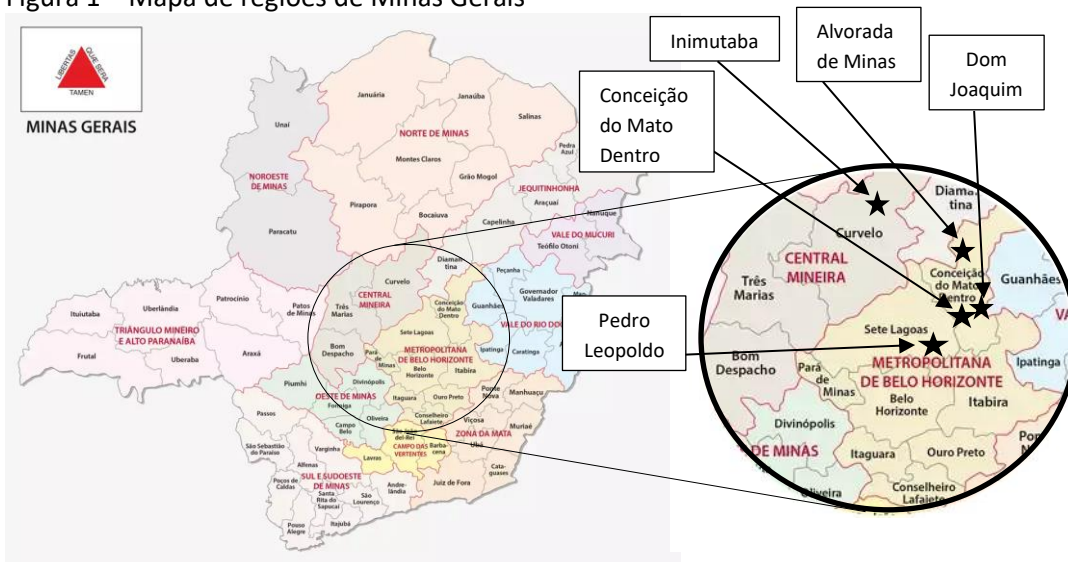
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Este capítulo apresenta os resultados de avaliação das propriedades rurais selecionadas no Estado de Minas Gerais comparando seus indicadores ambientais e socioeconômicos, incluindo os resultados do emprego das análises de agrupamento ou conglomerados, análise comparativas entre os indicadores e o teste de intervalos com sinal de Wilcoxon.

4.1 CARACTERIZAÇÃO DAS PROPRIEDADES RURAIS AVALIADAS

Nesta seção, as propriedades rurais pesquisadas são descritas de acordo com os dados obtidos na aplicação do ISA. Essas propriedades estão situadas nos municípios de Conceição do Mato Dentro (28 imóveis), Dom Joaquim (5 imóveis), Alvorada de Minas (4 imóveis), Inimutaba e Pedro Leopoldo (1 imóvel em cada), que estão nas regiões central e metropolitana de Belo Horizonte do Estado de Minas Gerais, conforme ilustrado na Figura 1.

Figura 1 – Mapa de regiões de Minas Gerais



Fonte: Governo de Minas Gerais (2021).

O tamanho das 39 propriedades varia de 8,5 hectares até 55,6 hectares, sendo que 100% se enquadram como propriedades familiares. Deste total, quase a metade, ou seja, 19 propriedades possuem áreas de proteção permanente (APP) com mais de 3 hectares e 16 possuem mais de 6 hectares de vegetação nativa. Em todas as propriedades as áreas de

reserva legal e de preservação permanente estão regularizadas. Além disso, 1 (uma) propriedade não tem água disponível em quantidade e qualidade para consumo humano e desenvolvimento de suas atividades.

As principais atividades executadas nos imóveis rurais pesquisados estão descritas na Tabela 1. As atividades de suinocultura, avicultura e lavoura temporária destinam-se, em sua maioria, exclusivamente ao consumo familiar e a bovinocultura juntamente com as lavouras permanentes são, em geral, responsáveis pela renda das propriedades.

Tabela 1 – Principais atividades nos imóveis rurais

Principais atividades executadas no imóvel rural*	Porcentagem de imóveis rurais
Bovinocultura de leite e corte	97,5%
Suinocultura	10,0%
Avicultura	96,9%
Lavoura permanente	57,5%
Lavoura temporária	45,0%

Fonte: Dados da Pesquisa

Nota: *Os imóveis possuem mais de uma atividade principal

Com relação à diversidade da renda, a Tabela 2 apresenta a variação média da renda (em %) para o conjunto dos imóveis estudados.

Tabela 2 – Diversificação da renda nos imóveis rurais

DIVERSIDADE DE RENDA	Proporção média da renda (%)
Atividades agrícolas, pecuárias e florestais realizadas no estabelecimento	22,5
Outras atividades realizadas no estabelecimento	1,9
Atividades realizadas fora do estabelecimento	75,0
Aposentadoria; Pensão; Ajuda Financeira; outras fontes de renda	0,6
Verificação da ocorrência de concentração da renda agropecuária em uma única atividade (> 80% da renda total apurada dentro e fora do empreendimento rural)	Sim = 37,5% Não = 62,5%

Fonte: Dados da Pesquisa.

Em média, o balanço patrimonial das propriedades decresceu 2,11 % durante um período de três anos, sendo que em 7 propriedades esse crescimento foi positivo e em 15 a evolução foi negativa. O total das dívidas de custeio e investimento está representado na Tabela 3:

Tabela 3 – Valor da dívida nas propriedades estudadas

Valor da dívida	Número de propriedades
0 a R\$ 30.000,00	1
R\$ 30.000,00 a R\$ 40.000,00	0
R\$ 40.000,00 a R\$ 50.000,00	9
R\$ 50.000,00 a R\$ 60.000,00	17
R\$ 60.000,00 a R\$ 80.000,00	14
Maior que R\$ 80.000,00	1

Fonte: Dados da pesquisa

As propriedades possuem em média 1 residência para familiares dos produtores e 1 residência para funcionários e, ou, meeiros. Os serviços básicos disponíveis nas residências estão relacionados na Tabela 4, que apresenta o número total de propriedades onde esses serviços são considerados satisfatórios.

Tabela 4 - Serviços básicos disponíveis nas propriedades estudadas (continua)

Serviços básicos disponíveis nas residências	Número de propriedades*
Disponibilidade de água (quantidade e qualidade)	39
Acesso à energia elétrica	39
Acesso regular para escoamento da produção	34
Acesso ao serviço de saúde	34
Acesso regular ao transporte escolar	34
Segurança no campo (patrulha para policiamento rural)	23
Telefone (celular, celular rural, ou fixo)	34

Tabela 4 - Serviços básicos disponíveis nas propriedades estudadas

(conclusão)	
Serviços básicos disponíveis nas residências	Número de propriedades*
Internet	26
Coleta pública de lixo	34

Fonte: Dados da Pesquisa

Nota: *Número de propriedades onde o serviço foi considerado satisfatório na avaliação do técnico responsável pela aplicação do ISA.

As propriedades possuem em média 2 integrantes da família no imóvel rural, com vínculo direto às atividades, sendo 2 o número médio de dependentes menores de 18 anos e 1 trabalhador permanente, em média. Entre os integrantes da família, em média, 2 possuem menos de 5 anos de estudo, 1 integrante possui de 5 a 9 anos de estudo, 1 integrante tem acima de 9 anos de estudo e nenhum com curso superior.

A Tabela 5 apresenta o número de propriedades com iniciativas em relação à gestão do conhecimento e da informação.

Tabela 5 - Gestão do conhecimento e da informação nas propriedades estudadas

Iniciativas	Número de propriedades
Fluxo de caixa (receita/despesa)	12
Custo de produção das atividades	5
Acesso à assistência técnica (particular ou pública)	39
Participação - formas associativas ativas	20
Busca informação para comercialização da produção / busca diversificar os compradores	5

Fonte: Dados da Pesquisa

Foi também identificada a forma de gerenciamento dos resíduos e efluentes gerados nos imóveis rurais (TABELA 6). Em 3 propriedades foi identificado algum risco de contaminação da água por agrotóxicos.

Tabela 6 - Resíduos e efluentes gerados nos imóveis pesquisados

	Número de propriedades
Destino do esgoto gerado nas residências	
Ausência de qualquer estrutura de coleta e tratamento de esgoto	5
Fossa rudimentar; fossa negra	7
Fossa indicada sem manutenção	16
Fossa indicada c/ manutenção adequada	9
Fossa com biodigestor; separação das águas cinzas	3
Destino do lixo (doméstico e das atividades)	
Queimado/descartado em local inapropriado	0
Enterrado em local inapropriado	1
Enterrado em local indicado	2
Lixo levado pelo produtor	3
Lixo coletado	34

Fonte: Dados da Pesquisa

Na avaliação de áreas com solo em processo de degradação, 3 propriedades apresentaram locais com estágios iniciais de degradação e 27 com estágios intermediários. Pontos com estágios avançados de degradação ocorreram em 9 imóveis.

Práticas consideradas suficientes para a conservação dos solos foram adotadas em 15 propriedades, sendo que 12 adotavam práticas para a conservação das águas no imóvel rural. A presença de sistema de conservação e drenagem nas estradas foi observada em 14 propriedades, sendo que em 12 delas havia algum ponto crítico nas mesmas.

4.2 CLASSIFICAÇÃO DAS PROPRIEDADES RURAIS COM BASE NO ISA

A análise de agrupamento foi utilizada neste trabalho com o objetivo de classificar as propriedades rurais de acordo com os indicadores contidos na planilha ISA nas abordagens socioeconômicas e ambientais. Assim, procurou-se identificar semelhanças entre tais propriedades rurais.

Na realização da análise, a medida de distância utilizada foi a euclidiana, que segundo Lattin *et al.* (2011) e Hair *et al.* (2009), é a mais comumente utilizada. O método de Ward foi o que possibilitou o maior número de grupos sem a presença significativa de *outliers*. Os 4 agrupamentos obtidos estão relacionados na Tabela 7.

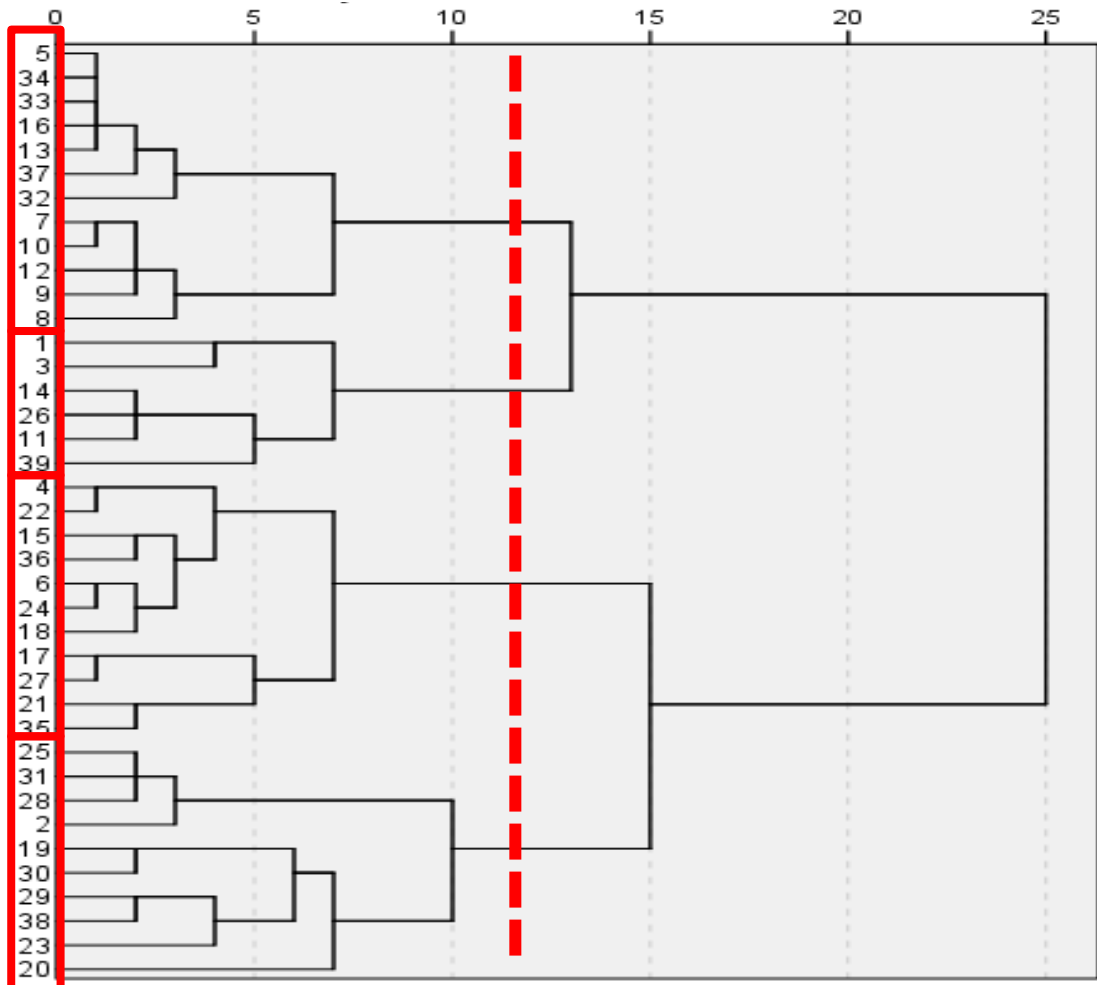
Tabela 7 – Grupos de propriedades formados a partir da análise de agrupamentos

Grupos	Propriedades pertencentes aos grupos	Total de Propriedades
1	39; 11; 14; 26; 3 e 1.	6
2	38; 19; 23; 31; 20; 25; 28; 2; 30 e 29.	10
3	27; 4; 6; 18; 35; 24; 15; 22; 36; 21 e 17.	11
4	7; 5; 37;33; 34; 16; 13; 12; 9; 10; 8 e 32.	12

Fonte: Dados da pesquisa.

A Figura 2 apresenta o dendrograma com a distribuição, em forma de gráfico, desses 4 grupos. Para a escolha dos agrupamentos deve-se imaginar o dendrograma como se fossem “cachos de uvas” na horizontal e a linha pontilhada como sendo o corte nos talos desses cachos. Ao ser analisado um corte na posição 20, seriam encontrados dois grandes grupos (dois cachos de uvas) que não representariam de uma forma coerente a situação das propriedades rurais, pois pelas características das propriedades observa-se que há uma diversificação maior entre elas do que se poderia observar em apenas dois grupos. Entretanto, se fosse feito um corte um pouco a esquerda da posição 10 seriam encontrados 5 grupos em que o grupo 4 seria constituído apenas de 4 propriedades (25, 31, 28 e 2), o que não parece ser interessante, pois esse grupo está ligado ao grupo 5 e isso determina uma proximidade entre eles. Optou-se então, por traçar uma linha de corte pouco a direita da posição 10 (FIGURA 2), fazendo a seleção de 4 grupos bem definidos sem a presença de propriedades isoladas ou grupos pequenos que poderiam ser associados a outros grupos próximos com a mesma ligação.

Figura 2 – Dendrograma de agrupamentos, utilizando o método de Ward



Fonte: Elaboração própria

Para verificar a presença destes agrupamentos, foram realizados testes de comparação de médias para k amostras independentes. Uma vez que os indicadores socioeconômicos e ambientais não seguiram uma distribuição normal (Shapiro-Wilk)² e não apresentaram homogeneidade de variâncias (teste de Levene), essa comparação de médias foi feita utilizando-se o teste de Kruskal-Wallis.

Para a aplicação deste teste, foi considerada como hipótese nula (H_0) o fato de que a distribuição seria a mesma nos grupos definidos pelo método de Ward e a hipótese alternativa (H_a) seria a de que a distribuição não seria a mesma nos referidos grupos, considerando um nível de significância de 5%. Sendo assim, foram verificadas diferenças estatisticamente

² Os resultados dos testes de Shapiro-Wilk e Levene estão apresentados no Anexo A.

significativas nos 4 agrupamentos para os indicadores de Produtividade, Diversificação da Renda e Segurança do Trabalho (Dimensão Socioeconômica) e Estradas, APPs e Reserva Legal (dimensão Ambiental).

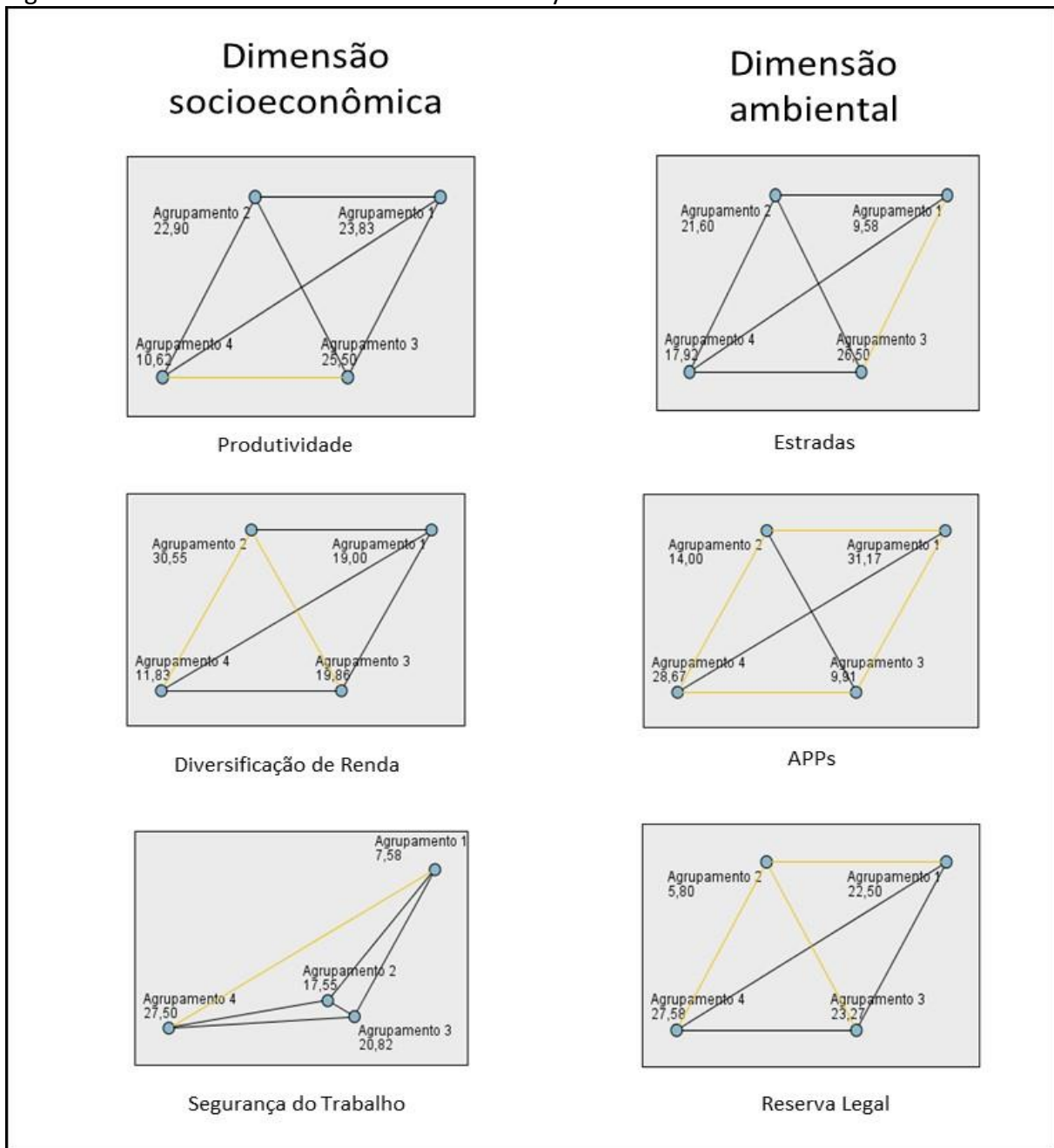
Com os grupos já confirmados, procedeu-se a realização do teste *post-hoc* associado ao teste de Kruskal-Wallis, neste caso U de Mann Whitney, para detectar quais foram os grupos semelhantes ou diferentes em cada um dos indicadores que levaram a esses resultados. Esses resultados são apresentados na Figura 3, em que as linhas amarelas representam diferenças estatisticamente significativas. As demais informações sobre os resultados dos testes estão no Anexo B.

O primeiro indicador analisado da dimensão Socioeconômica foi o de Produtividade, em que foi identificada a diferença entre os agrupamentos 3 e 4 e a semelhança entre os demais.

Ainda na dimensão socioeconômica, o indicador de Diversificação da Renda foi diferente entre os agrupamentos 2 e 3 e entre os agrupamentos 2 e 4. Para o indicador de Segurança do trabalho observou-se diferença estatisticamente significativa apenas entre os agrupamentos 1 e 4, como ilustrado no Anexo B.

Com o mesmo raciocínio, foram avaliados os agrupamentos contidos nos indicadores da dimensão Ambiental. O indicador relativo a Estradas apresentou diferença entre os agrupamentos 1 e 3, já no indicador de APPs, observam-se diferenças entre os agrupamentos 1 e 2; 1 e 3; 2 e 4 e 3 e 4 e por fim, no indicador de Reserva Legal, encontrou-se diferenças entre os agrupamentos 1 e 2, 2 e 3 e 2 e 4.

Figura 3 - Resultado do teste U de Mann Whitney



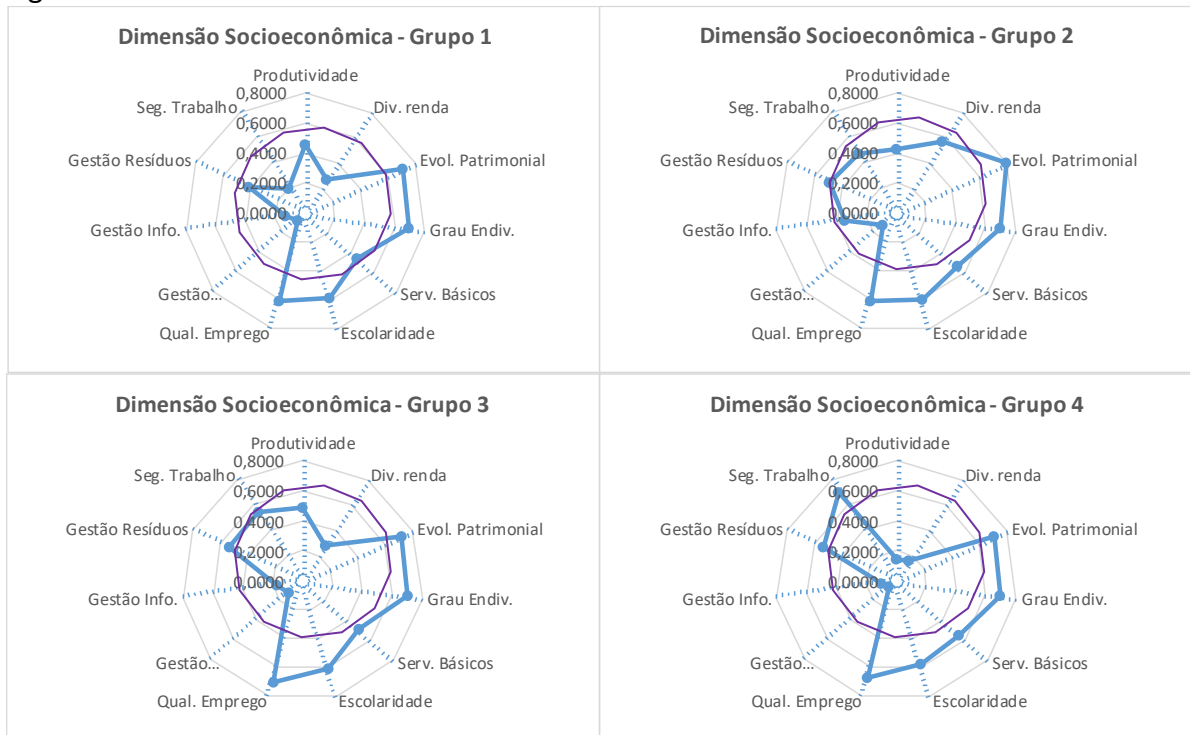
Fonte: Dados da pesquisa.

Nota: * Linhas amarelas representam diferenças estatísticas entre os agrupamentos.

Para ter uma visão ampla da situação da dimensão socioeconômica dos grupos foi gerada a Figura 4. Observa-se que os grupos 1 e 3 destacam-se por maiores valores no indicador Produtividade, entretanto, o grupo 3 possui valores mais altos para os indicadores de Qualidade do Emprego e Serviços Básicos, quando comparado ao grupo 1. O grupo 2 destaca-se pelos maiores valores na Gestão da Informação e Divisão da Renda, já o grupo 4

possui os menores valores para os indicadores Produtividade, Gestão da Informação e Divisão da Renda.

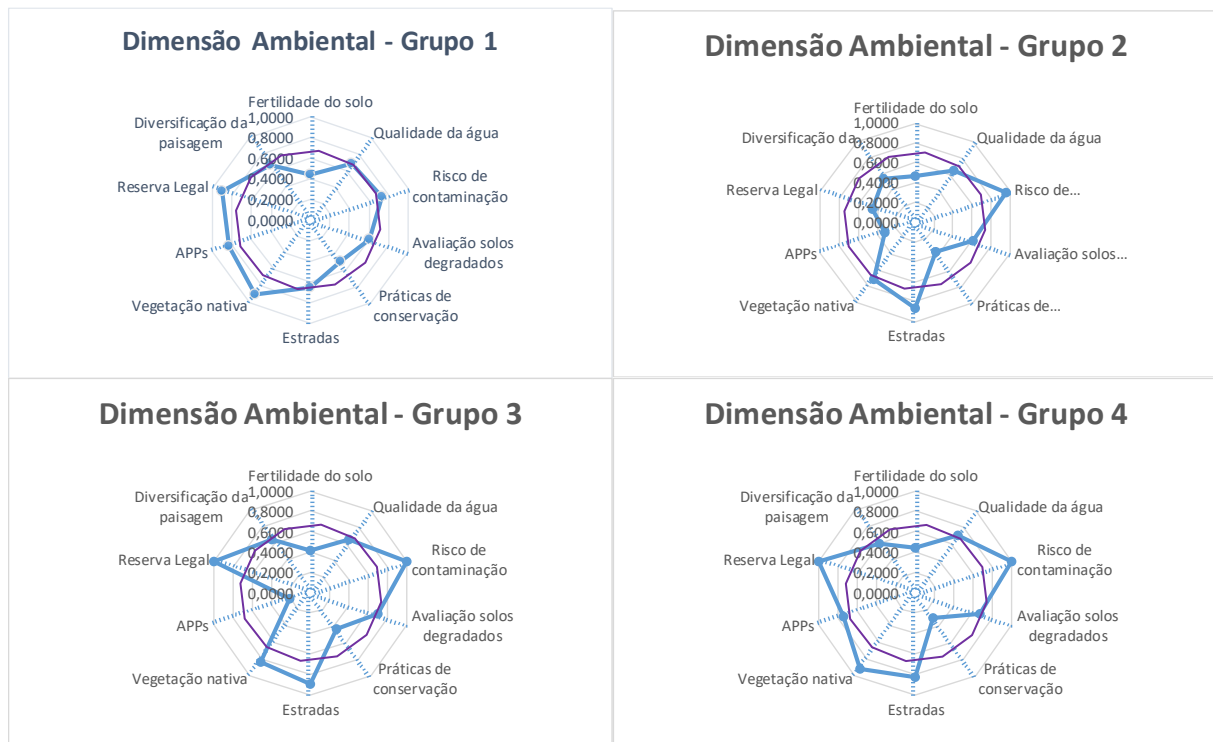
Figura 4 – Média dos indicadores da dimensão Socioeconômica



Fonte: Dados da pesquisa.

Na Figura 5, com indicadores da dimensão ambiental, observa-se que os grupos 3 e 4 possuem características parecidas, com exceção do indicador relativo a APPs. No grupo 4 esse indicador é maior que o do grupo 3, indicando que a área de APPs é maior no grupo 4 que no grupo 3, entretanto, esses dois grupos apresentam pontuação melhor, ou seja, são melhores que o Grupo 2 em relação aos indicadores de Reserva Legal e Diversificação da Paisagem. O Grupo 1 se destaca em relação aos outros no indicador de Práticas de Conservação.

Figura 5 – Média dos indicadores da dimensão Ambiental



Fonte: Dados da pesquisa.

4.3 COMPARAÇÃO ENTRE OS INDICADORES DO ISA NOS AGRUPAMENTOS

A Tabela 8 descreve as características dos 4 grupos obtidos. Todas as propriedades da amostra se enquadram como agricultura familiar. Entretanto, somente o grupo 2 tem uma renda proveniente da atividade agropecuária maior que a renda obtida fora da propriedade, portanto são os proprietários mais dependentes da atividade agropecuária e ainda se destacam pela maior área média de lavouras permanentes e a maior quantidade média de cursos d'água nas propriedades.

As propriedades do grupo 4, podem ser definidas como de "subsistência", no sentido de que cultivam alimentos para atender às próprias necessidades, de suas famílias ou de sua comunidade, em pequenas propriedades, ou seja, praticam agricultura para suprimento próprio e não para fins comerciais. Esse grupo é o que possui a menor área total média e a maior diversificação de produtos agrícolas, tendo como principal diferencial a obtenção de lucros com a locação de terras para pastagem.

As famílias dos grupos 1 e 3 também não possuem uma forte dependência das atividades desenvolvidas nas propriedades. A renda bruta do empreendimento corresponde a 26,79% da renda bruta total no grupo 1 e a 11,83% no grupo 3. Portanto, este grupo é menos dependente ainda da renda do empreendimento quando comparado ao grupo 1, apesar de possuírem propriedades com características semelhantes. Mesmo os dois grupos possuindo como atividade principal a pecuária de leite, o grupo 1 utiliza também a pecuária de corte como atividade de renda, utilizando uma área de pastagem um pouco menor que o grupo 3, evidenciando a atividade de corte como complemento importante na renda bruta do empreendimento.

As maiores áreas de lavoura se encontram nos grupos 1 e 2, sendo estes os grupos, juntamente com o grupo 3, os que também possuem as maiores áreas de pastagens. Verificam-se culturas para consumo familiar no grupo 1 e uma maior variedade de produtos nos grupos 2, 3 e 4, como: abacaxi, banana, cana de açúcar para ração bovina, feijão, milho e mandioca. No mais, destaca-se a criação de suínos nos grupos 3 e 4, além da presença, em todos os grupos, da criação de aves do tipo “caipira” para consumo família.

Tabela 8 – Características predominantes dos 4 grupos de propriedades

(continua)				
Características	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3	Grupo 4
Municípios	Conceição do Mato Dentro e Pedro Leopoldo	Alvorada de Minas, Conceição do Mato Dentro e Inimutaba	Conceição do Mato Dentro e Dom Joaquim	Alvorada de Minas, Conceição do Mato Dentro e Dom Joaquim
Área Total (média)	30,23 ha	24,07 ha	30,35 ha	14,65 ha
Idade dos proprietários (média)	56 anos	47 anos	52 anos	56 anos
Quant. Funcionários	Entre 0 e 1 funcionários	Entre 0 e 1 funcionários	Nenhum	Nenhum
Quant. de Residências (média)	1 Residência	2 Residências	1 Residência	1 Residência
Lavouras Permanentes (média)	0,4 ha	0,5 ha	0,1 ha	0,2 ha
Lavouras Temporárias (média)	0,96 ha	0,71 ha	0,31 ha	0,22 ha
Áreas de Pastagem (média)	20,19 ha	18,72 ha	21,11 ha	8,93 ha
Cultura animal predominante	Pecuária de corte e leite (principal) e aves do tipo "caipira".	Pecuária de leite (principal) e Aves do tipo "caipira".	Pecuária de leite (principal), aves e suínos do tipo "caipira".	Pecuária (locação de terra), aves e suínos do tipo "caipira".

Tabela 8 – Características predominantes dos 4 grupos de propriedades

(continua)

Agricultura predominante	Pomar e horta para consumo familiar	Feijão, milho e cana de açúcar	Banana caturra, cana de açúcar, cítricos e mandioca	Abacaxi, feijão, milho e cana de açúcar, pomar e horta para consumo familiar
Área não agrícola (média)	0,3 ha	0,7 ha	0,5 ha	0,1 ha
Vegetação Nativa (média)	7,89 ha	3,39 ha	8,23 ha	5,16 ha
Número médio de cursos d'água nos imóveis	1	2	1	1
Área de APPs (média)	3,86 ha	3,32 ha	3,81 ha	2,19 ha
Renda bruta empreendimento (média/ano)	R\$ 10.211,67	R\$ 19.877,70	R\$ 2.850,09	R\$ 805,00
Renda bruta fora empreendimento (média/ano)	R\$ 27.901,36	R\$ 15.154,20	R\$ 21.244,55	R\$ 10.058,50
Valor total médio estimado do imóvel	R\$ 546.835,00	R\$ 419.130,44	R\$ 546.529,55	R\$ 269.982,59

Fonte: Dados da Pesquisa.

Na comparação dos indicadores entre os grupos foram analisados somente os indicadores com Coeficientes de Variação menor ou igual a 30% para evitar a escolha de indicadores com uma dispersão de dados muito elevada e, assim, permitir ter como medida a média aritmética desses indicadores. Com essa visão percebeu-se os impactos das dimensões socioeconômicas e ambientais no valor final do ISA em cada grupo, podendo identificar quais grupos possuíam características mais relevantes em cada dimensão e como essas características revelaram a situação de cada grupo de propriedades entre si. A Tabela 9 apresenta os valores dos coeficientes de variação, o desvio padrão, a média, mediana e os valores máximos e mínimos de cada indicador.

Baseando-se no critério acima, somente os indicadores: Grau de Endividamento (GD), Serviços Básicos e Segurança Alimentar (SB), Escolaridade/Capacitação (ES) e Qualidade do Emprego Gerado (QE) na dimensão socioeconômica e Qualidade da Água (QA), Avaliação dos

Solos Degradados (SD), Estradas (ED) e Diversificação da Paisagem (DP) na dimensão ambiental, atingiram valores de coeficiente de variação menores que 30%.

Os indicadores que tiveram os valores mais baixos na dimensão socioeconômica estão isolados nos grupos 1 e 4 apenas, são eles: Serviços Básicos e Qualidade do Emprego no grupo 1 e Grau de Endividamento e Escolaridade no grupo 4. Na dimensão ambiental também existe a concentração dos indicadores em dois grupos, ou seja, Qualidade da Água e Diversificação da Paisagem no grupo 2 e Solos Degradados e Estradas no grupo 1.

Fazendo uma análise entre os grupos, percebe-se que a maior quantidade de indicadores com melhor desempenho nas duas dimensões está no grupo 3 e a pior está no grupo 1. Comparando as características desses grupos com base na Tabela 9 verifica-se que esses grupos são muito parecidos em relação a área total média das propriedades. Entretanto, possuem características notadamente diferentes em relação a área média de lavouras, áreas de pastagens e renda bruta gerada no empreendimento, havendo um maior aproveitamento produtivo da terra no grupo 1 em relação ao grupo 3. Porém, ao analisar o valor do ISA, percebe-se que o grupo 3 possui valor maior que o grupo 1 e o grupo 2, ficando somente atrás do grupo 4.

Assim, considerando a análise das duas dimensões, o grupo 4, é aquele que, na dimensão ambiental, contém a maior quantidade de indicadores com valores a partir de 70% com isso contribui com o maior valor médio do ISA. Porém verifica-se também que os grupos 1 e 2 possuem características produtivas maiores que os grupos 3 e 4, ou seja, utilizam os recursos da terra de forma mais intensa, gerando uma maior degradação ambiental fazendo com que os indicadores ISA nesses grupos sejam os menores.

Embora o grupo pesquisado indique essa relação inversa entre os indicadores socioeconômicos e ambientais, essa não é necessariamente uma regra. Slatmo *et al.* (2017) avaliaram 3 estudos com indicadores de sustentabilidade diferentes, utilizados em populações distintas. Em um deles, não se observou nenhuma relação entre os indicadores socioeconômicos e ambientais, portanto os autores concluíram que “é possível ter uma boa sustentabilidade econômica, preservando a qualidade do meio ambiente”. Por outro lado, nos outros dois estudos, a sustentabilidade econômica foi obtida com o comprometimento da sustentabilidade ambiental.

Em outro estudo, Robbins *et al.* (2015) encontraram que a biodiversidade nas plantações de café e borracha em agroflorestas tropicais poderia ser sustentada pela disponibilidade de mão de obra barata. Os baixos custos de mão de obra permitem que o proprietário da plantação se beneficie economicamente, apesar de não intensificar a produção por meio do uso de produtos químicos e técnicas agrícolas que visam maximizar a colheita do café e da borracha. Nesse caso, concluem os autores, a mão de obra barata é usada para subsidiar os baixos níveis de produção, com efeitos positivos na biodiversidade.

Esses estudos indicam possíveis *trade-offs* entre a sustentabilidade ecológica, a econômica e a social. Entretanto, somente obtendo informações acerca da realidade e das particularidades das comunidades rurais é que será possível compreender melhor a existência e dinâmica desses possíveis *trade-offs*.

Observa-se também que na maioria dos grupos, com exceção do grupo 2, a renda fora da propriedade é maior que a renda no empreendimento. Segundo Schneider (2001) essa combinação permanente de atividades agrícolas e não agrícolas, em uma mesma família, é que caracteriza e define a pluriatividade. A pluriatividade pode ainda adquirir significados diversos e servir para satisfazer projetos coletivos ou como resposta às decisões individuais. Nesse caso, variáveis externas à unidade familiar, como o mercado de trabalho e a infraestrutura disponível, entre outros, são fatores determinantes da evolução e das tendências de tal fenômeno.

Schneider (2001) também coloca que a contribuição da pluriatividade para a manutenção da propriedade e para a sustentabilidade econômica é, de fato, fundamental para estas famílias, pois a grande maioria dos pluriativos declarou que fornecem “algum tipo de ajuda” nas atividades dentro da propriedade, sendo que a maior parte destas ajudas é realizada em caráter regular.

Por fim, com base nos indicadores apresentados na Tabela 9, observa-se que os grupos 1 e 2 são os mais produtivos, principalmente na atividade de pecuária, enquanto os grupos 3 e 4 possuem propriedades que se dedicam mais a agricultura e pecuária familiar com foco na produção de alimentos e insumos para seu próprio consumo sem intenção de ter a propriedade como a principal geradora de renda para os proprietários

Tabela 9 – Dados estatísticos de indicadores socioeconômicos e ambientais

ASPECTOS SOCIOECONÔMICOS (2013)											ASPECTOS AMBIENTAIS (2013)									ISA		
PD	DR	EP	GD	SB	ES	QE	GE	GI	GR	ST	FT	QA	RC	SD	PC	ED	VN	AP	RL	DP		
GRUPO 1																						
Mín.	0,20	0,10	0,58	0,45	0,39	0,49	0,37	0,00	0,00	0,12	0,00	0,23	0,57	0,10	0,33	0,20	0,25	0,71	0,59	0,70	0,52	0,48
Máx.	0,75	0,55	1,00	0,63	0,50	0,69	0,70	0,14	0,40	0,83	0,47	0,69	0,76	1,00	0,70	0,93	0,83	1,00	1,00	1,00	0,84	0,61
Méd.	0,46	0,27	0,71	0,54	0,45	0,59	0,61	0,07	0,13	0,41	0,20	0,44	0,67	0,73	0,60	0,50	0,66	0,90	0,83	0,90	0,66	0,56
Mna	0,47	0,27	0,67	0,53	0,45	0,60	0,70	0,07	0,00	0,39	0,23	0,43	0,69	1,00	0,68	0,48	0,75	0,93	0,86	1,00	0,64	0,57
DPd	0,22	0,17	0,15	0,07	0,04	0,08	0,15	0,05	0,21	0,24	0,18	0,15	0,08	0,42	0,15	0,25	0,23	0,10	0,19	0,15	0,13	0,05
CV	0,49	0,62	0,21	0,12	0,09	0,14	0,24	0,63	1,55	0,58	0,91	0,33	0,11	0,57	0,25	0,50	0,35	0,11	0,23	0,17	0,20	0,08
GRUPO 2																						
Mín.	0,00	0,10	0,59	0,52	0,39	0,49	0,37	0,07	0,00	0,29	0,00	0,23	0,55	0,60	0,40	0,07	0,60	0,05	0,05	0,08	0,33	0,51
Máx.	0,95	0,97	1,00	0,89	0,67	0,74	0,70	0,29	0,75	0,63	0,70	0,91	0,79	1,00	0,70	0,62	1,00	0,97	0,71	0,70	0,76	0,64
Méd.	0,43	0,57	0,80	0,66	0,54	0,60	0,61	0,11	0,35	0,48	0,47	0,46	0,65	0,96	0,61	0,36	0,86	0,71	0,32	0,45	0,55	0,56
Mna	0,46	0,64	0,74	0,65	0,52	0,60	0,70	0,07	0,30	0,51	0,58	0,42	0,65	1,00	0,68	0,33	0,87	0,78	0,28	0,42	0,57	0,54
DPd	0,29	0,25	0,15	0,11	0,09	0,07	0,15	0,07	0,31	0,11	0,27	0,19	0,06	0,13	0,12	0,16	0,14	0,29	0,24	0,22	0,13	0,04
CV	0,68	0,44	0,19	0,16	0,17	0,11	0,25	0,61	0,88	0,23	0,58	0,41	0,10	0,13	0,19	0,44	0,16	0,41	0,73	0,50	0,24	0,07
GRUPO 3																						
Mín.	0,26	0,10	0,43	0,42	0,33	0,44	0,70	0,00	0,00	0,28	0,00	0,39	0,55	1,00	0,65	0,20	0,53	0,57	0,00	1,00	0,43	0,53
Máx.	0,70	0,48	1,00	0,68	0,59	0,75	0,70	0,43	0,80	0,77	0,70	0,48	0,71	1,00	0,78	0,93	1,00	1,00	0,63	1,00	0,82	0,65
Méd.	0,49	0,28	0,72	0,55	0,50	0,61	0,70	0,12	0,18	0,54	0,54	0,42	0,65	1,00	0,69	0,45	0,90	0,82	0,21	1,00	0,64	0,58
Mna	0,45	0,33	0,71	0,56	0,50	0,63	0,70	0,07	0,00	0,54	0,70	0,41	0,67	1,00	0,70	0,48	1,00	0,82	0,11	1,00	0,66	0,57
DPd	0,14	0,15	0,15	0,08	0,08	0,09	0,00	0,14	0,27	0,17	0,25	0,03	0,04	0,00	0,05	0,22	0,17	0,16	0,24	0,00	0,14	0,04
CV	0,29	0,54	0,21	0,14	0,15	0,15	0,00	1,10	1,51	0,31	0,46	0,07	0,07	0,00	0,07	0,50	0,19	0,19	1,14	0,00	0,22	0,07
GRUPO 4																						
Mín.	0,00	0,10	0,00	0,26	0,39	0,49	0,37	0,00	0,00	0,28	0,70	0,38	0,49	1,00	0,52	0,20	0,70	0,74	0,41	1,00	0,53	0,54
Máx.	0,45	0,60	1,00	0,73	0,72	0,75	0,70	0,14	0,40	0,83	0,70	0,50	0,79	1,00	0,78	0,53	0,98	1,00	1,00	1,00	0,73	0,64
Méd.	0,15	0,15	0,71	0,51	0,55	0,58	0,67	0,06	0,10	0,54	0,70	0,43	0,70	1,00	0,67	0,31	0,83	0,90	0,74	1,00	0,60	0,59
Mna	0,00	0,10	0,79	0,53	0,56	0,60	0,70	0,07	0,00	0,56	0,70	0,44	0,73	1,00	0,70	0,27	0,83	0,89	0,76	1,00	0,59	0,60
DPd	0,20	0,14	0,31	0,12	0,11	0,08	0,10	0,05	0,16	0,16	0,00	0,04	0,08	0,00	0,07	0,13	0,11	0,09	0,17	0,00	0,05	0,03
CV	1,31	0,93	0,44	0,24	0,20	0,14	0,14	0,86	1,60	0,31	0,00	0,09	0,12	0,00	0,11	0,42	0,13	0,10	0,23	0,00	0,08	0,05
PD: Produtividade						GI: Gestão da Informação						ED: Estradas										
DR: Diversificação da Renda						GR: Gerenciamento de Resíduos						VN: Vegetação Nativa										
EP: Evolução Patrimonial						ST: Segurança do Trabalho						AP: APPs										
GD: Grau de Endividamento						FT: Fertilidade do Solo						RL: Reserva Legal										
SB: Serviços Básicos e Seg. Alimentar						QA: Qualidade da Água						DP: Diversificação da Paisagem										
ES: Escolaridade Capacitação						RC: Risco de Contaminação						ISA: Índice Geral ISA										
QE: Qualidade do Emprego Gerado						SD: Avaliação Solos Degradados						Fonte: Dados da Pesquisa										
GE: Gestão do Empreendimento						PC: Práticas de Conservação																

Fonte: Elaboração própria

4.4 EVOLUÇÃO DOS INDICADORES SOCIOECONÔMICOS, AMBIENTAIS E ISA ENTRE 2013 E 2016

Para verificar a existência de diferenças nos 11 indicadores socioeconômicos e ambientais das 24 propriedades analisadas em 2013 e reanalisadas em 2016, aplicou-se o teste de

Wilcoxon para amostras emparelhadas fazendo a comparação um a um de cada um desses indicadores. A Tabela 10 aponta os indicadores socioeconômicos que apresentaram melhora no desempenho: Produtividade (PD), Serviços Básicos e Segurança Alimentar (SB) e Gestão do Empreendimento (GE) e Gestão da Informação (GI).

Tabela 10 - Teste de Wilcoxon para indicadores socioeconômicos 2013- 2016

	PD		SB		GE		GI	
	2013	2016	2013	2016	2013	2016	2013	2016
Média	0,3555	0,6587	0,5228	0,6959	0,0960	0,4186	0,1850	0,3625
Z	-3,665 ^b		-4,108 ^b		-3,953 ^b		-2,916 ^b	
Sig. Assint. (2 caudas)	0,000		0,000		0,000		0,004	

Fonte: Dados da Pesquisa

Notas: PD: Produtividade; SB: Serviços Básicos e Seg. Alimentar; GE: Gestão do conhecimento; GI: Gestão da Informação.

b. Com base em postos positivos

c. Com base em postos negativos

Já na dimensão ambiental (TABELA 11), os indicadores que apresentaram diferenças com significância estatística de 5% foram: Práticas de Conservação (PC), Estradas (ED), Reserva Legal (RL) e Diversificação da Paisagem (DP).

Tabela 11 - Teste de Wilcoxon para indicadores ambientais 2013- 2016

	PC		ED		RL		DP	
	2013	2016	2013	2016	2013	2016	2013	2016
Média	0,3977	0,4843	0,8092	0,9021	0,8401	0,9207	0,5927	0,7166
Z	-2,156 ^c		-2,795 ^c		-2,023 ^c		-3,741 ^c	
Sig. Assint. (2 caudas)	0,031		0,005		0,043		0,000	

Fonte: Dados da Pesquisa

Notas: PC: Práticas de Conservação; ED: Estradas; RL: Reserva Legal; DP: Diversificação da Paisagem.

b. Com base em postos positivos

c. Com base em postos negativos

O indicador do ISA, com média de 0,5538 em 2013 e 0,6475 em 2016, também apresentou melhora, utilizando o teste de Wilcoxon ($Z=-4,111$; Sig. Assint. 2 caudas = 0,000). Nota-se, portanto, que em todos os indicadores apresentados houve melhora na reavaliação de 2013 para 2016 nas 24 propriedades estudadas, tanto nos indicadores socioeconômicos como também nos ambientais, além da evolução no indicador geral do ISA. Assim, as ações

sugeridas, quando adequadamente implementadas, geraram um retorno positivo no índice de sustentabilidade.

Entre as ações, tem-se: correção do solo, adubação e implementação de escalonamento da produção para o indicador de “Produtividade”; uso de pastilhas de cloro na água bebida e coleta e destinação adequada do lixo doméstico para o indicador de “Serviços Básicos”; uso do caderno de “fluxo de caixa” e participação como associado de organização comunitária para o indicador de “Gestão do Empreendimento”; uso do plantio em nível, curvas de nível e terraços para as plantações e nas pastagens, construção de bacias de contenção de enxurradas para o indicador de “Práticas de Conservação”; manutenção das estradas permitindo o acesso a propriedade durante todos os meses do ano para o indicador de “Estradas”; manter isoladas e preservadas todas as áreas de preservação permanente da propriedade para o indicador de “Reserva Legal” e fazer a rotação de cultura nos intervalos dos ciclos de produção para o indicador de “Diversificação da Paisagem”.

5 CONCLUSÕES

O presente trabalho teve como objetivo geral avaliar a sustentabilidade de propriedades rurais em municípios de Minas Gerais por meio da aplicação do método ISA. As informações coletadas com a planilha ISA permitiram uma caracterização do conjunto das 39 propriedades assim como uma classificação em 4 grupos distintos. O valor médio do ISA para as propriedades foi de 0,57, abaixo do valor de 0,70 que é considerado ideal, sendo esse conjunto classificado como em estado de desenvolvimento.

O grupo 2 foi composto pelas propriedades com renda proveniente majoritariamente da atividade leiteira. Os demais grupos têm como principal fonte de renda recursos provenientes de fora da propriedade, sendo o grupo 4 o que mais se caracteriza como propriedades de subsistência e com maior valor de ISA. As atividades produtivas do grupo 3 se assemelham às do grupo 4, entretanto o tamanho e valor da propriedade se assemelham aos grupos 1 e 2. O grupo 1 possui 26,8% da renda proveniente da atividade na propriedade e entre os 3, é o grupo com maior capacidade para se tornar sustentável economicamente a partir das atividades desenvolvidas na propriedade.

Quanto a sustentabilidade econômica, pode-se observar que a pluriatividade tem um papel importante na dimensão socioeconômica das propriedades e ainda contribui diretamente no processo produtivo trazendo informações adquiridas em atividades externas que são importantes para a gestão do empreendimento. Assim, reforça-se a ideia de que a pluriatividade se revela uma estratégia das famílias rurais para viabilizar sua interação social e que a contribuição da pluriatividade para a manutenção da propriedade e para a agregação do grupo doméstico é de extrema importância para essas famílias.

A análise dos indicadores também apontou possíveis *trade-offs* entre a sustentabilidade ecológica, econômica e a social. Entretanto, somente obtendo informações acerca da realidade e das particularidades das comunidades rurais é que será possível compreender melhor a existência e dinâmica desses possíveis *trade-offs*. Este é um aspecto a ser abordado em trabalhos futuros com esse conjunto de propriedades ou em outras situações.

Os indicadores possibilitaram ainda um diagnóstico da situação dos agroecossistemas em dois momentos, demonstrando que ao passo que as ações sugeridas são implementadas

pode-se verificar que o retorno do capital investido e os investimentos em produtividade melhoram os valores dos indicadores. Assim, destaca-se a importância do uso dos indicadores de sustentabilidade como ferramenta relevante para avaliação da sustentabilidade a fim de monitorar e avaliar o desempenho do desenvolvimento sustentável.

Os resultados das análises destacam também a importância da análise de indicadores de sustentabilidade voltados para as propriedades rurais com o intuito de contribuir com melhores práticas de preservação do meio ambiente e com a adoção de práticas sustentáveis no decorrer do dia a dia na produção das atividades rurais. O método ISA evidenciou-se como método de sustentabilidade para o apoio a gestão rural e para correções nas propriedades com intuito de melhorar cada vez mais as práticas sustentáveis.

Portanto, confirma-se a hipótese central deste estudo em que os indicadores de sustentabilidade possibilitam avaliar a viabilidade de um sistema produtivo, apontando possibilidades de diminuição dos impactos ambientais e contribuindo para a recuperação e proteção do meio ambiente. Além disso, geram uma série de informações úteis para auxiliar o gestor público na elaboração e no monitoramento de programas específicos de intervenção em áreas ou situações problemáticas.

REFERÊNCIAS

ALKAN, O. *et al.* **System for Environmental and Agricultural Modelling ; Linking European Science and Society Indicator framework , indicators , and up-scaling methods implemented in the final version of.** [S. l: s. n.], out. 2009.

ALMEIDA, A.; ELIAN, S.; NOBRE, J. Modificações e alternativas aos testes de Levene e de Brown e Forsythe para igualdade de variâncias e médias. **Revista Colombiana de Estadística**, v. 31, n. 2, p. 241-260, Dec. 2008.

ALTIERI, M. A. Agroecology versus Ecoagriculture: balancing food production and biodiversity conservation in the midst of social inequity. **CEESP Occasional Papers**, , [S. l.], n. 3, p. 1–29, nov. 2004.

ALTIERI, M. A.; NICHOLS, C. I. **Agroecologia: teoria y aplicaciones para una agricultura sustentable.** Berkeley: PNUMA, 2000.

ASTIER, M.; MASERA, O.; LOPEZ-RIDAURA, S. **Sustentabilidad y manejo de recursos naturales: El Marco de evaluación MESMIS.** MundiPrensa-GIRA-UNAM, México, 1999.

ASTIER, M.; R., M. O.; GÁLVAN-MIYOSHI, Y. **Evaluación de sustentabilidad: un enfoque dinámico y multidimensional.** Valencia: Sociedad Española de Agricultura Ecológica, 2008.

ATKISSON, A.; HATCHER, L. The compass index of sustainability: prototype for a comprehensive sustainability informatio system. **Journal of Enviromentala Assessment Policy and Management**, v. 3, p. 509–532, 2001.

BARBOSA, B. C. *et al.* **Tópicos em Sustentabilidade & Conservação.** Juiz de Fora: Real Consultoria em Negócios, 2017.

BARRIENTOS, F. R. El diseño de indicadores e índices para evaluar el aporte de las fincas agropecuarias a la sostenibilidad ambiental. Análisis de caso en la Microregión Platanar-La Vieja, cuenca del río San Carlos, Costa Rica. **Pensamiento Actual**, v. 6, n. 7, p. 23–39, 2006.

BARROS, J. R. M. **Prolegômenos: passado no presente: a visão do economista.** Brasília, DF, Embrapa, 2014.

BELHOUCLETTE, H. *et al.* Assessing the impact of the Nitrate Directive on farming systems using a bio-economic modelling chain. **Agricultural Systems**, v. 104, p. 135–145, 2011.

BERTOCCHI, M.; DEMARTINI, E.; MARESCOTTI, M. E. Ranking farms using quantitative indicators of sustainability: the 4Agro method. **Procedia: social and behavioral sciences**, v. 223, p. 726–732, 2016.

BIANCO, A. Green Jobs and Policy Measures for a Sustainable Agriculture. **Agriculture and Agricultural Science Procedia**, v. 8, p. 346–352, 2016.

BNDES, R. D. O.; JANEIRO, R. I. O. D. E.; SIQUEIRA, T. V. D. E. Desenvolvimento Sustentável: Antecedentes Históricos e Propostas para a Agenda 21. **Agenda**, p. 247–288, 2001.

BORLACHENCO, N. G. C.; BARBOSA GONÇALVES, A. Expansão agrícola: elaboração de indicadores de sustentabilidade nas cadeias produtivas de Mato Grosso do Sul. **Interações**, Campo Grande, v. 18, n. 1, p. 119–128, 2017.

BRAGA, T. M.; FREITAS, A. P. G. Índice de Sustentabilidade Local: uma avaliação da sustentabilidade dos municípios do entorno do Parque Estadual do Rio Doce (MG). **World**, n. 13, p. 1–16, 2002.

BRANDÃO, V. S. *et al.* **Infiltração da água no solo**. Viçosa: Editora da UFV, 2006.

BRASIL. **Portaria 518**. Brasília, DF, 2004. Disponível em: http://www.saude.gov.br/images/pdf/2015/setembro/30/Portaria-MS-n._518_2004.pdf. Acesso em: 10 mar. 2021.

BRASIL. **Lei nº12.727 de 17 de outubro de 2012 do Código Florestal**. Brasília, DF, 2012. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12727.htm. Acesso em: 10 mar. 2021.

CAMARGO, O. A.; ALLEONI, L. R. F. **Compactação do solo e o desenvolvimento das plantas**. 1997.

CÂNDIDO, G. D. A. *et al.* Avaliação Da Sustentabilidade De Unidades De Produção Agroecológicas: Um Estudo Comparativo Dos Métodos Idea E Mesmis. **Ambiente & Sociedade**, v. 18, n. 3, p. 99–120, 2015.

CANTELMO, N. F.; FERREIRA, D. F. Desempenho de testes de normalidade multivariados avaliado por simulação Monte Carlo. **Ciênc. agrotec**, v. 31, p. 1630–1636, 2007.

CAPRA, F. **As conexões ocultas**: ciência para uma vida sustentável. 1. ed. São Paulo: Pensamento-Cultrix, 2003.

CASALINHO, H. D. *et al.* Qualidade Do Solo Como Indicador De Sustentabilidade De Agroecossistemas. **R. Bras. Agrociência**, Pelotas, v. 13, n. 2, p. 195-203, abr./jun. 2007.

CAZORLA, I. M. **A relação entre a habilidade viso-pictórica e o domínio de conceitos estatísticos na leitura de gráficos**. 2002.

CHOPIN, P. *et al.* A novel approach for assessing the contribution of agricultural systems to the sustainable development of regions with multi-scale indicators: application to Guadeloupe. **Land Use Policy**, v. 62, p. 132–142, 2017.

CLEGG, F. Introduction to statistics I: descriptive statistics. **Br J Hospital Med.**, p. 356–367, 1987.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (CONAMA). **Resolução CONAMA nº 9, de 6 de dezembro de 1990**. Brasília, DF, 1990.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (CONAMA). **Resolução N° 430, de 13 de maio de 2011**. Brasília, DF, 2011.

CORRÊA, M. de A.; TEIXEIRA, B. A. D. O N. **Desenvolvimento de indicadores de sustentabilidade para gestão de recursos hídricos na Ugrhi Tietê-Jacaré (SP)**. 2008.

FONSECA, E. P. R. *et al.* **Agro 4.0**: a Green Information System for Sustainable Agroecosystem Management. 2019.

DEPONTI, C. M.; ECKERT, C.; 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.

DIAZABAKANA, A. *et al.* a Review of farm level indicators of sustainability with a focus on cap

and fadn. **FLINT project**, p. 1–101, Dec. 2014.

DOGLIOTTI, S. *et al.* Co-innovation of family farm systems: a systems approach to sustainable agriculture. **Agricultural systems**, v. 126, p. 76–86, 2014.

DORAN, J. W.; PARKIN, T. B. **Defining and assessing soil quality**. [S. l.]: Soil Science Society of American, 1994.

EHRMANN, M. **Assessing ecological and economic impacts of policy scenarios on farm level**: [S. l.], GEWISOLA. 2010.

EMPRESA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA DE MINAS GERAIS (EPAMIG). **Projeto ISA**. 2021. Disponível em: <http://www.epamig.br/projeto-isa/>. Acesso em: 27 jan. 2021.

FÁVERO, L. P. *et al.* **Análise de dados**: modelagem multivariada para tomada de decisões. Rio de Janeiro: Campus. 2009.

FERREIRA, J. M. .; SILVA, P. D. O. **Indicadores de Sustentabilidade em Agroecossistemas**. Viçosa: CEAD, 2019.

FERREIRA, J. M. L. *et al.* Indicadores de sustentabilidade em agroecossistemas. **Informe Agropecuário**, v. 33, p. 12–25, 2012.

FLORESTAS, C. **Sistemas Agroflorestais**. Disponível em: <http://www.ciflorestas.com.br/texto.php?p=sistemas>. Acesso em: 30 jun. 2020.

GARCÍA, Y.; RAMÍREZ, W.; SÁNCHEZ, S. Indicadores de la calidad de los suelos : una nueva manera de evaluar este recurso. **Pastos Y Forrajes**, v. 35, n. 2, p. 125–137, 2012.

GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 3. ed. São Paulo: Atlas, 1991.

GIRARDIN, P.; BOCKSTALLER, C.; WERF, H. V. Assessment of potential impacts of agricultural practices on the environment: the AGRO*ECO method. **Environmental Impact Assessment Review**, v. 20, n. 2, p. 227–239, 2000.

GLIESSMAN, S. R. **Agroecologia**: processos ecologicos em agricultura sustentavel. 4. ed. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2009.

GOMES, F. P. **Curso de Estatística Experimental**. 15. ed. Piracicaba: Fealq, 2009.

GOMES, J. C. C. *et al.* Avaliação da sustentabilidade em agroecossistemas: formação conceitual e aplicação a uma realidade regional. **Extensão Rural**, v. 24, n. 3, p. 63, 2017.

GOVERNO DE MINAS GERAIS. **Regiões de Minas Gerais**. Belo Horizonte, 2021. Disponível em: <https://www.mg.gov.br>. Acesso em: 12 mar. 2021.

GUIMARÃES, N. F. *et al.* Avaliação da sustentabilidade de um agroecossistema pelo método mesmis. **Scientia Plena**, v. 11, p. 1–11, 2015.

GUIMARÃES, R. P.; FEICHAS, S. A. Q. Desafios na construção de indicadores de sustentabilidade. **Ambiente e Sociedade**, v. 12, n. 2, p. 307–323, 2009.

HAIR, J. *et al.* **Multivariate data analysis**. London: Bookman, 2005.

HÄNI, F. *et al.* RISE, a tool for holistic sustainability assessment at the farm level. **International Food and Agribusiness Management Review**, v. 6, n. 4, 2003.

HARDI, P.; ZDAN, T. J. **Assessing sustainable development**. Manitoba, 1997.

HUMBERTO, T. *et al.* Indicadores de sustentabilidad para la producción lechera familiar en Uruguay: análisis de tres casos. **Agrociencia Uruguay**, v. 16, n. 1, p. 166–176, 2012.

INÁCIO, R. D. O. *et al.* Desenvolvimento regional sustentável: abordagens para um novo paradigma. **Desenvolvimento em Questão**, v. 11, n. 24, p. 6, 2013.

IORI, P.; DIAS JÚNIOR, M. de S.; SILVA, R. B. da. Resistência do solo à penetração e ao cisalhamento em diversos usos do solo em áreas de preservação permanente. **Bioscience Journal**, v. 28, n. supl. 1, p. 185–195, 2012.

JAIN, A. K.; MURTY, M. N.; FLYNN, P. J. **Data Clustering**. New York: [s. n.], 1999.

KURKA, T.; BLACKWOOD, D. Participatory selection of sustainability criteria and indicators for bioenergy developments. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, 2013.

KUZMA, E. L. *et al.* O perfil financeiro das empresas aderentes e não aderentes ao ISE da BM&FBOVESPA. **Organizações e Sustentabilidade**, v. 3, n. 1, p. 47–78, 2015.

LAMB, C. R. **Statistical briefing**: the normal distribution. 2008.

LATTIN, J. M.; CARROL, J. .; GREEN, P. E. **Análise de dados multivariados**. São Paulo: [s. n.], 2011.

LEAL, G. S.; SILVA, D. A. O.; SOPELETE, M. **Conceitos básicos de bioestatística**. [S. l.]: EDUFU, 2005.

LEOTTI, V. B.; BIRCK, A. R.; RIBOLDI, J. Comparação dos Testes de Aderência à Normalidade Kolmogorov-smirnov, Anderson-Darling, Cramer–Von Mises e Shapiro-Wilk por Simulação. *In*: SIMPÓSIO DE ESTATÍSTICA APLICADA À EXPERIMENTAÇÃO AGRONÔMICA, 11., 2005, Londrina. **Anais** [...]. Florianópolis: UFSC, 2005.

LEVENE, H. **Robust Test for Equality of Variances**. California: Stanford University Press, 1960.

LIGHTFOOT, C. *et al.* Aquaculture and Sustainability through Integrated Resources Management. **International Center for Living Aquatic Resources Management**, v. 22, n. 3, p. 143–150, 1993.

LOUHICHI, K. *et al.* FSSIM, a bio-economic farm model for simulating the response of EU farming systems to agricultural and environmental policies. **Agricultural Systems**, v. 103, n. 8, p. 585–597, 2010.

MALHOTRA, N. K. **Pesquisa de Marketing**: uma orientação aplicada. Porto Alegre: Bookman, 2006.

MARÔCO, J. **Análise Estatística com Utilização do SPSS**. 4. ed. Lisboa: [s. n.], 2010.

MARTINS, G. A. **Estatística Geral e Aplicada**. 3. ed. São Paulo: Atlas, 2005.

MARZALL, K. **Indicadores de sustentabilidade para Agroecossistemas**. [S. l.: s. n.], 1999.

MARZALL, K.; ALMEIDA, J. 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.

MOLDAN, B.; JANOUŠKOVÁ, S.; HÁK, T. How to understand and measure environmental sustainability: Indicators and targets. **Ecological Indicators**, v. 17, p. 4–13, 2012.

MORETIN, L. G. **Estatística básica**. São Paulo: Makron Books, 1999.

MUKHERJEE, A.; LAL, R. Comparison of soil quality index using three methods. **PLoS ONE**, v. 9, n. 8, 2014.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS (ONU). **A ONU e o meio ambiente**. 2020. Disponível em: <https://nacoesunidas.org/acao/meio-ambiente/>. Acesso em: 30 jun. 2020.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS (ONU). **Objetivos de Desenvolvimento Sustentável no Brasil**. 2020. Disponível em: <http://brasil.un.org/pt-br/sdgs/>. Acesso em: 30 jun. 2020.

ORGANIZAÇÃO PARA COOPERAÇÃO E DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO (OECD). Environmental Indicators: development, measurement and use. **SNUC - Sistema Nacional de Unidades de Conservação**, v. 25, p. 37, 2003.

PACINI, G. C.; LAZZERINI, G.; VAZZANA, C. AESIS: A support tool for the evaluation of sustainability of agroecosystems. Example of applications to organic and integrated farming systems in Tuscany, Italy. **Italian Journal of Agronomy**, v. 6, n. 1, p. 11–18, 2011.

PINHEIRO, A. C. **Impactos microeconômicos da privatização no Brasil**. Brasília, DF: Ipea, 1996.

PRODANOV, C. C.; FREITAS, E. C. DE. **Metodologia do trabalho científico: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico**. 2. ed. Novo Hamburgo: Feevale, 2013.

RANGEL, O. J. P.; SILVA, C. A. Estoques de carbono e nitrogênio e frações orgânicas de latossolo submetido a diferentes sistemas de uso e manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 31, n. 6, p. 1609–1623, 2007.

RASMUSSEN, L. V. *et al.* Bridging the practitioner-researcher divide: Indicators to track environmental, economic, and sociocultural sustainability of agricultural commodity production. **Global Environmental Change**, v. 42, p. 33–46, n. May 2017.

RENTING, H. *et al.* Exploring multifunctional agriculture. A review of conceptual approaches and prospects for an integrative transitional framework. **Journal of Environmental Management**, v. 90, suppl. 2. p. S112-S123, 2009.

RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ, V. H. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais**. 5. ed. Viçosa: CFSEMG, 1999.

ROMEIRO, A. R. Desenvolvimento sustentável: Uma perspectiva econômicoecológica. **Estudos Avancados**, v. 26, n. 74, p. 65–92, 2012.

SACHS, I. **Ecodesenvolvimento crescer sem destruir**. [S. l.]: Vértice, 1986.

SACHS, I. A revolução energética do século XXI. **Estudos Avancados**, v. 21, n. 59, p. 21–38, 2007.

SALTON, J. C. *et al.* **Matéria orgânica do solo na integração lavoura-pecuária em Mato Grosso do Sul**. Brasília, DF: Embrapa Agropecuária Oeste, 2005.

SCHNEIDER, S. A pluriatividade como estratégia de reprodução social da agricultura familiar no Sul do Brasil. **Estudos Sociedade e Agricultura**, v. 9, n. 1, p. 164–184, abr. 2001.

SCHULER, J.; SATTler, C. The estimation of agricultural policy effects on soil erosion-An application for the bio-economic model MODAM. **Land Use Policy**, v. 27, n. 1, p. 61–69, 2010.

SEPÚLVEDA, S. **Metodología para estimar el nivel de desarrollo sostenibles de territorios**. [S. l.: s. n.], 2008.

SHARMA, S. **Applied multivariate techniques**. New York: [s. n.], 1996.

SIEGEL, S.; CASTELLAN JR, N. J. **Estatística não-paramétrica para ciências do comportamento**. [S. l.]: Artimed, 2006.

SILVA, C. L.; SOUZA-LIMA, J. E. **Políticas públicas e indicadores para o desenvolvimento sustentável**. São Paulo: Saraiva, 2010.

SOUZA, D. M. G. de; LOBATO, E. **Cerrado correção do solo e adubação**. Brasília, DF: Embrapa, 2004.

TORMAN, V. B. .; COSTER, R.; RIBOLDI, J. **Normality of variables**: diagnosis methods and comparison of some nonparametric tests by simulation. [S. l.]: HCPA, 2012.

TRIOLLA, M. F. **Introdução à Estatística**. São Paulo: [s. n.], 2005

UTHES, S. *et al.* Regional impacts of abolishing direct payments: An integrated analysis in four European regions. **Agricultural Systems**, v. 104, n. 2, p. 110–121, 2011.

VAN CAUWENBERGH, N. *et al.* SAFE-A hierarchical framework for assessing the sustainability of agricultural systems. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 120, n. 2-4, p. 229–242, 2007.

VAN ITTERSUM, M. K. *et al.* Integrated assessment of agricultural systems: a component-based framework for the European Union (SEAMLESS). **Agricultural Systems**, v. 96, n. 1-3, p. 150–165, 2008.

VEZZANI, F. M.; MIELNICZUK, J. Uma visão sobre qualidade do solo. **Revista Brasileira de Ciencia do Solo**, v. 33, n. 4, p. 743–755, 2009.

WACKERNAGEL, M.; REES, W. E. **Our Ecological Footprint**. Philadelphia: New Society Publishers, 1996.

YAO, R. J. *et al.* Short-term effect of cultivation and crop rotation systems on soil quality indicators in a coastal newly reclaimed farming area. **Journal of Soils and Sediments**, v. 13, n. 8, p. 1335–1350, 2013.

ZHANG, X. H. *et al.* An emergy evaluation of the sustainability of Chinese crop production system during 2000-2010. **Ecological Indicators**, v. 60, p. 622–633, 2016.

ANEXO A - Testes de Normalidade, homogeneidade de variâncias e Kruskal-Wallis

Tabela A.1 – Teste de Normalidade para dimensão Socioeconômica

	Grupos	Shapiro-Wilk		
		Estatística	df**	Sig.***
Produtividade	1	0,918	6	0,491
	2	0,955	10	0,731
	3	0,930	11	0,411
	4	0,729	12	0,002
Diversificação da renda	1	0,915	6	0,471
	2	0,969	10	0,885
	3	0,876	11	0,094
	4	0,447	12	0,000
Escolaridade/capacitação	1	0,897	6	0,358
	2	0,892	10	0,179
	3	0,945	11	0,578
	4	0,854	12	0,041
Qualidade do emprego gerado	1	0,702	6	0,007
	2	0,623	10	0,000
	4	0,327	12	0,000
Gestão do empreendimento	1	0,834	6	0,116
	2	0,683	10	0,001
	3	0,838	11	0,030
	4	0,818	12	0,015
Gestão da informação	1	0,640	6	0,001
	2	0,876	10	0,119
	3	0,719	11	0,001
	4	0,662	12	0,000
Segurança do trabalho	1	0,866	6	0,211
	2	0,798	10	0,014
	3	0,717	11	0,001

Fonte: Dados da Pesquisa

Notas: *. Este é um limite inferior da significância verdadeira.

**df= quantidade de amostras.

***Sig. =significância

Dados em negrito com significância menor ou igual a 5%

Tabela A.2 – Teste de Normalidade para dimensão Ambiental

	Grupos	Shapiro-Wilk		
		Estatística	df**	Sig.***
Fertilidade do solo	1	0,890	6	0,316
	2	0,872	10	0,105
	3	0,805	11	0,011
	4	0,901	12	0,166
Risco de contaminação	1	0,688	6	0,005
	2	0,366	10	0,000
Avaliação solos degradados	1	0,765	6	0,028
	2	0,777	10	0,008
	3	0,774	11	0,004
	4	0,827	12	0,019
Práticas de conservação	1	0,956	6	0,788
	2	0,978	10	0,956
	3	0,900	11	0,186
	4	0,797	12	0,009
Estradas	1	0,814	6	0,078
	2	0,903	10	0,235
	3	0,659	11	0,000
	4	0,872	12	0,069
Vegetação nativa	1	0,859	6	0,184
	2	0,785	10	0,010
	3	0,940	11	0,520
	4	0,867	12	0,060
APPs	1	0,833	6	0,114
	2	0,913	10	0,305
	3	0,826	11	0,021
	4	0,955	12	0,717
Reserva Legal	1	0,641	6	0,001
	2	0,873	10	0,108
	3	0,704	11	0,001
	4	0,672	12	0,000
Diversificação da paisagem	1	0,905	6	0,402
	2	0,941	10	0,563
	3	0,912	11	0,256
	4	0,804	12	0,010

Fonte: Dados da Pesquisa

Notas: *. Este é um limite inferior da significância verdadeira.

**df= quantidade de amostras.

***Sig. =significância

Dados em negrito com significância menor ou igual a 5%

Tabela A.3 – Teste de homogeneidade de variâncias para a dimensão Socioeconômica

	Teste de Levene	df1**	df2**	Sig.**
Produtividade	1,562	3	35	0,216
Diversificação da renda	1,849	3	35	0,156
Evolução patrimonial	2,945	3	35	0,046
Grau de endividamento	.	3	.	.
Serviços básicos Seg. alimentar	1,681	3	35	0,189
Escolaridade/capacitação	0,554	3	35	0,649
Qualidade do emprego gerado	10,426	3	35	0,000
Gestão do empreendimento	4,323	3	35	0,011
Gestão da informação	2,105	3	35	0,117
Gerenciamento de resíduos	0,770	3	35	0,519
Segurança do trabalho	13,412	3	35	0,000

Fonte: Dados da Pesquisa

Notas: *. Este é um limite inferior da significância verdadeira.

**df= quantidade de amostras.

***Sig. =significância

Dados em negrito com significância menor ou igual a 5%

Tabela A.4 – Teste de homogeneidade de variâncias para a dimensão Ambiental

	Teste de Levene	df1**	df2**	Sig.**
Fertilidade do solo	4,041	3	35	0,014
Qualidade da água	1,300	3	35	0,290
Risco de contaminação	33,911	3	35	0,000
Avaliação solos degradados	5,753	3	35	0,003
Práticas de conservação	1,213	3	35	0,319
Estradas	1,385	3	35	0,264
Vegetação nativa	2,266	3	35	0,098
APPs	1,040	3	35	0,387
Reserva Legal	49,663	3	35	0,000
Diversificação da paisagem	4,783	3	35	0,007

Fonte: Dados da Pesquisa

Notas: *. Este é um limite inferior da significância verdadeira.

**df= quantidade de amostras.

***Sig. =significância

Dados em negrito com significância menor ou igual a 5%

Tabela A.5 – Teste de Kruskal Wallis – Dimensão Socioeconômica

	Qui-quadrado	Amostras	Significância Assintótica
Produtividade	12,191	3	0,007
Diversificação da renda	15,479	3	0,001
Evolução patrimonial	1,429	3	0,699
Grau de endividamento	0	3	1
Serviços básicos Seg.alimentar	5,492	3	0,139
Escolaridade/capacitação	1,991	3	0,574
Qualidade do emprego gerado	5,111	3	0,164
Gestão do empreendimento	3,184	3	0,364
Gestão da informação	4,809	3	0,186
Gerenciamento de resíduos	2,834	3	0,418
Segurança do trabalho	16,82	3	0,001

Fonte: Dados da pesquisa.

Nota: Dados em negrito com significância menor ou igual a 5%

Tabela A.6 – Teste de Kruskal Wallis – Dimensão Ambiental

	Qui-quadrado	Amostras	Significância Assintótica
Fertilidade do solo	0,627	3	0,89
Qualidade da água	4,887	3	0,18
Risco de contaminação	7,677	3	0,053
Avaliação solos degradados	2,537	3	0,469
Práticas de conservação	4,716	3	0,194
Estradas	9,308	3	0,025
Vegetação nativa	5,099	3	0,165
APPs	24,123	3	0
Reserva Legal	23,347	3	0
Diversificação da paisagem	3,583	3	0,31

Fonte: Dados da pesquisa.

Nota: Dados em negrito com significância menor ou igual a 5%

ANEXO B – Teste de U de Mann Whitney para os indicadores

B.1 -Teste de U de Mann Whitney para os indicadores de Produtividade.

Cada nó mostra a classificação média de amostra de Ward Method

Amostra1-Amostra2	Estatística de Teste	Erro Padrão	Estatística de Teste Padrão	Sig.	Sig. Aj.
Agrupamento 4-Agrupamento 2	12,275	4,843	2,535	,011	,068
Agrupamento 4-Agrupamento 1	13,208	5,655	2,336	,020	,117
Agrupamento 4-Agrupamento 3	14,875	4,721	3,151	,002	,010
Agrupamento 2-Agrupamento 1	,933	5,841	,160	,873	1,000
Agrupamento 2-Agrupamento 3	-2,600	4,942	-,526	,599	1,000
Agrupamento 1-Agrupamento 3	-1,667	5,740	-,290	,772	1,000

Cada fileira testa a hipótese nula de que as distribuições de Amostra 1 e Amostra 2 são a mesma. Significâncias assintóticas (testes de 2 lados) são exibidas. O nível de significância é ,05.

B.2 -Teste de U de Mann Whitney para os indicadores de Diversificação da renda.

Cada nó mostra a classificação média de amostra de Ward Method

Amostra1-Amostra2	Estatística de Teste	Erro Padrão	Estatística de Teste Padrão	Sig.	Sig. Aj.
Agrupamento 4-Agrupamento 1	7,167	5,568	1,287	,198	1,000
Agrupamento 4-Agrupamento 3	8,030	4,648	1,728	,084	,504
Agrupamento 4-Agrupamento 2	18,717	4,768	3,925	,000	,001
Agrupamento 1-Agrupamento 3	-,864	5,652	-,153	,879	1,000
Agrupamento 1-Agrupamento 2	-11,550	5,751	-2,008	,045	,268
Agrupamento 3-Agrupamento 2	10,686	4,866	2,196	,028	,168

Cada fileira testa a hipótese nula de que as distribuições de Amostra 1 e Amostra 2 são a mesma. Significâncias assintóticas (testes de 2 lados) são exibidas. O nível de significância é ,05.

B.3 -Teste de U de Mann Whitney para os indicadores de Segurança do trabalho.

Cada nó mostra a classificação média de amostra de Ward Method

Amostra1-Amostra2	Estatística de Teste	Erro Padrão	Estatística de Teste Padrão	Sig.	Sig. Aj.
Agrupamento 1-Agrupamento 2	-9,967	5,142	-1,938	,053	,315
Agrupamento 1-Agrupamento 3	-13,235	5,053	-2,619	,009	,053
Agrupamento 1-Agrupamento 4	-19,917	4,978	-4,001	,000	,000
Agrupamento 2-Agrupamento 3	-3,268	4,350	-,751	,452	1,000
Agrupamento 2-Agrupamento 4	-9,950	4,263	-2,334	,020	,118
Agrupamento 3-Agrupamento 4	-6,682	4,156	-1,608	,108	,647

Cada fileira testa a hipótese nula de que as distribuições de Amostra 1 e Amostra 2 são a mesma. Significâncias assintóticas (testes de 2 lados) são exibidas. O nível de significância é ,05.

B.4 -Teste de U de Mann Whitney para os indicadores de Estradas.

Cada nó mostra a classificação média de amostra de Ward Method

Amostra1-Amostra2	Estatística de Teste	Erro Padrão	Estatística de Teste Padrão	Sig.	Sig. Aj.
Agrupamento 1-Agrupamento 4	-8,333	5,662	-1,472	,141	,846
Agrupamento 1-Agrupamento 2	-12,017	5,847	-2,055	,040	,239
Agrupamento 1-Agrupamento 3	-16,917	5,747	-2,944	,003	,019
Agrupamento 4-Agrupamento 2	3,683	4,848	,760	,447	1,000
Agrupamento 4-Agrupamento 3	8,583	4,727	1,816	,069	,416
Agrupamento 2-Agrupamento 3	-4,900	4,948	-,990	,322	1,000

Cada fileira testa a hipótese nula de que as distribuições de Amostra 1 e Amostra 2 são a mesma. Significâncias assintóticas (testes de 2 lados) são exibidas. O nível de significância é ,05.

B.5 -Teste de U de Mann Whitney para os indicadores de APPs.

Cada nó mostra a classificação média de amostra de Ward Method

Amostra1-Amostra2	Estatística de Teste	Erro Padrão	Estatística de Teste Padrão	Sig.	Sig. Aj.
Agrupamento 3-Agrupamento 2	4,091	4,977	,822	,411	1,000
Agrupamento 3-Agrupamento 4	-18,758	4,755	-3,945	,000	,000
Agrupamento 3-Agrupamento 1	21,258	5,781	3,677	,000	,001
Agrupamento 2-Agrupamento 4	-14,667	4,877	-3,007	,003	,016
Agrupamento 2-Agrupamento 1	17,167	5,882	2,919	,004	,021
Agrupamento 4-Agrupamento 1	2,500	5,695	,439	,661	1,000

Cada fileira testa a hipótese nula de que as distribuições de Amostra 1 e Amostra 2 são a mesma. Significâncias assintóticas (testes de 2 lados) são exibidas. O nível de significância é ,05.

B.6 -Teste de U de Mann Whitney para os indicadores de Reserva Legal.

Cada nó mostra a classificação média de amostra de Ward Method

Amostra1-Amostra2	Estatística de Teste	Erro Padrão	Estatística de Teste Padrão	Sig.	Sig. Aj.
Agrupamento 2-Agrupamento 1	16,700	5,717	2,921	,003	,021
Agrupamento 2-Agrupamento 3	-17,473	4,838	-3,612	,000	,002
Agrupamento 2-Agrupamento 4	-21,783	4,741	-4,595	,000	,000
Agrupamento 1-Agrupamento 3	-,773	5,619	-,138	,891	1,000
Agrupamento 1-Agrupamento 4	-5,083	5,536	-,918	,358	1,000
Agrupamento 3-Agrupamento 4	-4,311	4,622	-,933	,351	1,000

Cada fileira testa a hipótese nula de que as distribuições de Amostra 1 e Amostra 2 são a mesma. Significâncias assintóticas (testes de 2 lados) são exibidas. O nível de significância é ,05.