



XV CONGRESSO BRASILEIRO
DE AGROINFORMÁTICA

AGRO INTELIGENTE

DESAFIOS E PERSPECTIVAS
PARA A PRODUÇÃO SUSTENTÁVEL
COM SUPORTE DA IA

Organizadores
Filipi Miranda Soares
Ana Paula Lüdtke Ferreira



Congresso Brasileiro de Agroinformática (15. : 2025)
SBIAGRO 2025 [recurso eletrônico] / Filipi Miranda Soares [et. al.] (Orgs.)
Evento Online, 2025.
903 p.:il.

ISSN: 2177-9724

ISBN: 978-65-01-86759-5

Instituições promotoras: IFMT, USP, UNIPAMPA, EMBRAPA, INRAE.

1. Agropecuária de Precisão. 2. Agricultura Digital. 3. Inteligência Artificial. 4. Computação Aplicada. I. Silva, Juliana (coord.). II. IFMT. III. USP. IV. UNIPAMPA. V. EMBRAPA. VI. INRAE. VII. Título. VIII. Anais do SBIAGRO 2025. IX. Anais do Congresso Brasileiro de Agroinformática.

CDU: 004



Diferenciação e evolução dos sistemas de produção agropecuária do Vale do Paraíba do Sul no período 2006-2017

M. do C. R. Fasiaben¹, A. S. Moraes², A. G. Maia³, M. M. T. B. Almeida⁴,
O. C. de Oliveira⁴, L. F. P. Rodrigues⁴, O. Sarcinelli³

¹Embrapa Agricultura Digital (CNPTIA)
Campinas – SP – Brasil

²Embrapa Soja (CNPSO)
Londrina – PR – Brasil

³Instituto de Economia Agrícola – Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP)
Campinas, – SP – Brasil

⁴Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE)¹
Rio de Janeiro – RJ – Brasil

{maria.fasiaben, andre.moraes}@embrapa.br, gori@unicamp.br, {maxwell.almeida,
octavio.oliveira, luiz.rodrigues}@ibge.gov.br, oscarsarcinelli@gmail.com

Abstract. *A typology of agricultural holdings in the Paraíba do Sul Valley was developed using special tabulations from the 2006 and 2017 IBGE Agricultural Censuses, combined with machine learning techniques. This approach enabled the identification of four cluster types, grouped by municipality. The joint analysis of data from both censuses provided insights into the evolution of production systems during the intercensal period, revealing migration dynamics toward clusters characterized by a higher proportion of older producers with lower incomes. This trend reflects managerial aging, a decline in total rural household income, and an increased share of revenue originating from sources external to the agricultural holdings.*

Resumo. *Foi realizada uma tipologia dos estabelecimentos agropecuários do Vale do Paraíba do Sul utilizando tabulações especiais dos Censos Agropecuários 2006 e 2017 do IBGE e técnicas de aprendizado de máquina, diferenciando quatro tipos de agrupamentos, reunidos por municípios. A análise conjunta dos dados dos dois censos permitiu entender a evolução dos sistemas de produção no período intercensitário, evidenciando uma dinâmica de migrações em direção ao cluster com maior proporção de produtores com idade mais avançada e de menor renda, representando envelhecimento dos dirigentes, redução da receita total das famílias rurais e maior participação percentual das receitas provenientes de fora dos estabelecimentos.*

¹ O IBGE está isento de responsabilidade pelas análises, opiniões e conceitos emitidos neste trabalho, que são de exclusiva responsabilidade dos autores.

1. Introdução

A Mata Atlântica abriga as maiores cidades e regiões metropolitanas do Brasil, tendo mais de 145 milhões de habitantes. Considerada o centro socioeconômico do país, cerca de 80% do PIB nacional são gerados nessa região [1]. Apesar de sua riqueza em biodiversidade e serviços ecossistêmicos vitais para os milhões de brasileiros que nela vivem, restam apenas 24% da floresta original, com somente 12,4% bem preservada [2]. Na Mata Atlântica também estão 27% das terras destinadas à agropecuária nacional (70 milhões de hectares) e 40% dos estabelecimentos agropecuários do país, predominando pequenos produtores, mas o bioma também tem importante participação na produção de commodities para exportação [3].

Predominantemente nesse bioma está situada a bacia do rio Paraíba do Sul, reconhecida por ser fonte de água para mais de 14 milhões de pessoas; abrigar um dos principais polos industriais do país com setores como siderurgia, químico, automobilístico e serviços; ter potencial hidrelétrico com várias usinas instaladas e sustentar atividades de produção agrícola, pecuária e silvicultura. Ela abrange uma área de drenagem de cerca de 55.500 km², distribuída pelos estados de São Paulo (13.900 km²), Rio de Janeiro (20.900 km²) e Minas Gerais (20.700 km²) [4].

Leis e incentivos são fundamentais para a recuperação da mata, a proteção das espécies, a implementação de medidas para reduzir a falta de água, assim como para promover serviços ambientais necessários ao desenvolvimento da sociedade. Entre os instrumentos econômicos de Política Ambiental, o Pagamento por Serviços Ecossistêmicos (PSE) trata de simular um mercado para serviços ecossistêmicos cuja finalidade é sua preservação e resolução do *trade-off* existente entre custos e benefícios da preservação [5].

A Lei da Mata Atlântica (Lei nº 11.428/2006) incentiva a conservação, recuperação de áreas degradadas e uso sustentável da floresta, beneficiando os produtores envolvidos. Outra iniciativa une esforços do governo federal, por meio do Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações (MCTI), e dos governos dos estados do Rio de Janeiro, São Paulo e Minas Gerais: o projeto Conexão Mata Atlântica, que reconhece a contribuição dos produtores rurais ao meio ambiente e beneficia, por meio do mecanismo financeiro de Pagamentos por Serviços Ambientais (PSA), os proprietários rurais que adotam ações de conservação de floresta nativa, recuperam áreas degradadas e implementam práticas produtivas sustentáveis [6].

O presente trabalho visa elaborar uma tipologia dos estabelecimentos agropecuários do Vale do Paraíba do Sul, considerando que a diferenciação dos produtores e dos sistemas de produção por eles praticados são aspectos fundamentais para a compreensão do seu comprometimento (ou não) a programas de PSA de longa duração. Na tipificação foram empregadas técnicas de análise estatística multivariada combinadas a métodos de aprendizado de máquina, utilizando dados dos Censos Agropecuários 2006 e 2017 (os dois últimos realizados pelo IBGE), o que também permitiu entender a dinâmica dos sistemas de produção nesse período de onze anos. O objetivo é auxiliar nas avaliações do programa de PSA do Vale do Paraíba do Sul, além de contribuir para o planejamento de pesquisa, desenvolvimento rural e conservação da Mata Atlântica na região.

2. Material e Métodos

Este trabalho partiu de uma tabulação especial dos dois últimos Censos Agropecuários do IBGE (2006 e 2017) com variáveis agrupadas por municípios e filtradas por estabelecimentos agropecuários com área localizados no Vale do Paraíba do Sul². Os valores monetários apresentados neste trabalho foram atualizados para dezembro de 2024 pelo IGP-DI.

Procedeu-se à análise de cluster para tipificar os sistemas de produção dos municípios da região, com vistas a entender sua variabilidade. Foram utilizadas 22 variáveis dos Censos Agropecuários do IBGE, relacionadas ao perfil do dirigente (idade, se agricultura familiar ou não), estrutura produtiva (efetivo do rebanho bovino, finalidade da bovinocultura se corte ou leite, taxa de lotação, área produtiva, recebimento de orientação técnica), uso da terra (áreas de lavouras temporárias, de pastagens, de matas plantadas e de matas naturais e de reserva legal) e origem das receitas (receitas das atividades agropecuária, da venda de bovinos, de aposentadorias e pensões, obtidas de atividades fora do estabelecimento, outras receitas não relacionadas à atividade produtiva do estabelecimento agropecuário - como os recursos provindos de prêmios como Garantia Safra, ProAgro Mais, recebimentos por serviços ambientais e outros recursos provenientes de programas governamentais -, e receita total).

O universo para a análise de cluster consistiu nos 219 municípios que integram, em toda sua extensão ou em parte dela, o Vale do Rio Paraíba do Sul. Desse modo, a base de dados contou com 438 casos (2 censos x 219 municípios). O objetivo da escolha da base de dados nesse arranjo foi o de identificar a migração dos municípios de um cluster para outro no período 2006-2017.

Na etapa de modelagem, adotou-se o método do cotovelo (do inglês, *Elbow method*) para se estimar o número ideal de clusters para explicar a variabilidade dos dados [7]. Em seguida foi usado o algoritmo *Expectation-Maximization* (EM) para a geração de clusters [8]. A escolha do algoritmo EM baseia-se nos critérios: a) o EM estende o paradigma rígido do k-means - método clássico de *clustering* que atribui cada observação (um município em determinado ano) a exatamente um único cluster – ao associar a cada observação uma distribuição de probabilidade de pertencer a cada cluster, o que permite uma classificação mais flexível e robusta, especialmente quando os grupos se sobrepõem; b) EM é um processo iterativo e tem a habilidade de lidar com valores faltantes e de estimar o número de clusters por meio de um conjunto de parâmetros que descreve a distribuição de probabilidade de cada cluster. Foi utilizada a versão do algoritmo EM disponível no software Weka, versão 3.8.5 [9]. O método calcula os estimadores de máxima verossimilhança para problemas onde existem dados incompletos entre os dados observados ou para problemas que envolvem variáveis latentes, ou seja, não observáveis diretamente, mas que podem ser inferidas de outras variáveis observadas.

² A data de referência do Censo Agropecuário 2006 foi o dia 31 de dezembro de 2006 enquanto a do Censo Agropecuário 2017 foi 30 de setembro de 2017, relativamente às informações sobre pessoal ocupado, estoques, efetivos da pecuária, uso da terra, entre outros dados estruturais.

3. Resultados

3.1) Diferenciação dos estabelecimentos agropecuários e sistemas de produção predominantes no Vale do Paraíba do Sul

Pelo método do cotovelo, foi sugerida a seleção de três a quatro clusters. Consultada a equipe de especialistas atuante na área de estudos, selecionaram-se quatro clusters para representar a variabilidade dos sistemas de produção existentes na região. Nas Tabelas 1 a 3 são apresentados dados referentes a uso da terra, a características da produção de bovinos (principal atividade da região) e a variáveis socioeconômicas dos quatro tipos de estabelecimentos agropecuários do Vale do Paraíba do Sul, definidos na análise de cluster, agrupados por municípios. A Figura 1 apresenta os percentuais das diversas categorias de uso da terra em relação à área total.

Tabela 1. Principais categorias de uso da terra dos estabelecimentos dos municípios do Vale do Paraíba do Sul: médias por estabelecimento/cluster, segundo Censos Agropecuários do IBGE.

Variável / Cluster	Área de Lavouras Temporárias (ha)	Área de Pastagem (ha)	Área de Matas Plantadas (ha)	Área em Processo Produtivo (ha)	Área de Mata Natural e Reserva Legal (ha)	Área Total Estabelecim. (ha)
Cluster 1	1,50	27,42	0,78	31,25	5,84	38,65
Cluster 2	2,78	7,37	0,72	14,18	3,83	19,29
Cluster 3	2,47	55,10	6,06	68,33	18,98	91,43
Cluster 4	1,52	20,34	0,73	26,17	4,92	32,58
Média geral	1,98	22,44	1,26	28,51	6,29	36,51

Fonte: Tabulações especiais Censos Agropecuários 2006 e 2017.

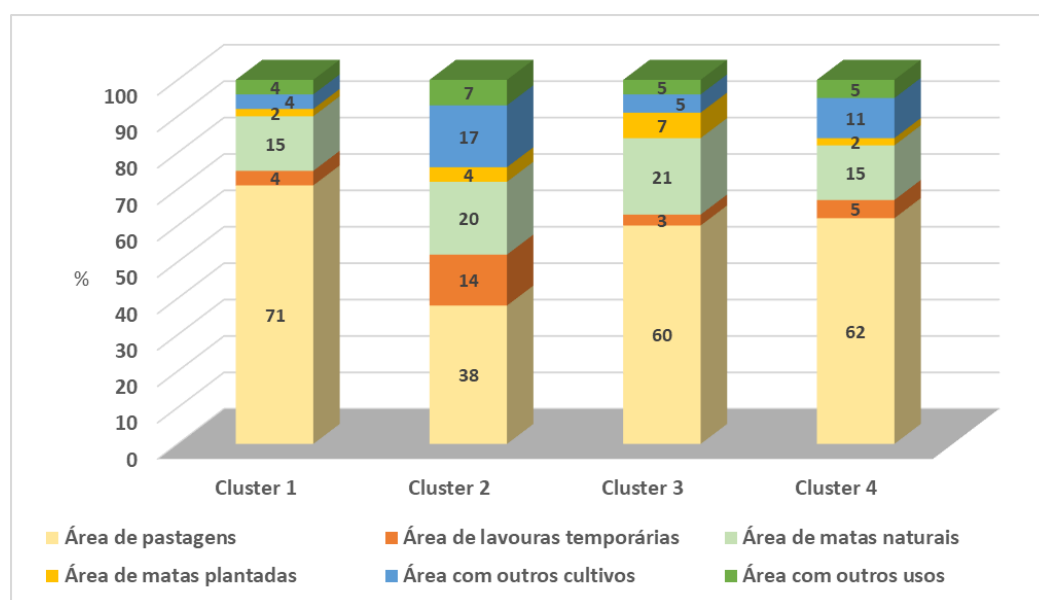


Figura 1. Participação percentual das principais categorias de uso da terra em relação à área total dos estabelecimentos dos municípios do Vale do Paraíba do Sul, segundo os Censos Agropecuários 2006 e 2017 do IBGE (variáveis selecionadas).

Tabela 2. Variáveis relacionadas à produção de bovinos nos municípios do Vale do Paraíba do Sul, segundo Censos Agropecuários do IBGE (variáveis selecionadas).

Variável / Cluster	Efetivo bov / estab (nº cab) na DR (1)	Taxa de lotação (cab/ha)	% Estab c/ bovinos (2)	% Estab c/ + 50 cab (2)	% Estab c/ até 50 cab (2)	% Estab c/ bov corte (3)	% Estab c/ bov leite (3)
Cluster 1	34	1,24	74	21	79	42	58
Cluster 2	10	1,31	27	14	86	57	41
Cluster 3	63	1,15	80	38	62	43	56
Cluster 4	26	1,28	64	18	82	36	64
Média geral	28	1,23	58	21	79	42	57

Fonte: Tabulações especiais Censos Agropecuários 2006 e 2017.

Notas: (1) DR = data de referência do censo.

(2) Participação em relação ao total de estabelecimentos do cluster. A classificação do rebanho quanto à sua finalidade principal foi atribuída somente para os rebanhos acima de 50 cabeças no Censo Agropecuário de 2006.

(3) Participação em relação ao número de estabelecimentos com mais de 50 cabeças de bovinos do cluster.

Tabela 3. Variáveis socioeconômicas de estabelecimentos agropecuários (agrupados por municípios) do Vale do Paraíba do Sul segundo Censos Agropecuários do IBGE.

Variável/Cluster	% Estabelecimentos familiares (1)	% Estabelecimentos Idade Gestor > 60 (1)	% Estab com orientação técnica (1)
Cluster 1	69	36	27
Cluster 2	79	26	22
Cluster 3	55	35	46
Cluster 4	79	28	30
Média geral	73	31	28

Fonte: Tabulações especiais Censos Agropecuários 2006 e 2017.

Nota: (1) Participação em relação ao total de estabelecimentos do cluster.

Da análise conjunta das Tabelas 1, 2 e 3 e da Figura 1, vê-se que, nos extremos em relação ao tamanho, temos o Cluster 2 que representa os menores estabelecimentos (19,3 ha de área total, na média) e o Cluster 3, com 91,4 ha. Observa-se que, de longe, as maiores proporções de áreas de todos os clusters eram dedicadas a pastagens. Por outro lado, na média, as áreas destinadas a mata natural e reserva legal estavam dentro do previsto na legislação apenas nos Clusters 2 e 3. Predominavam estabelecimentos que detinham rebanhos bovinos menores, de até 50 cabeças, e as taxas de lotação médias mostraram-se, em todos os clusters, inferiores à média paulista, estimada em 1,75 cabeças/ha a partir do Censo Agropecuário de 2017. Prevaleciam estabelecimentos que se dedicavam à bovinocultura de leite (com exceção do Cluster 2), mas cabe lembrar que, nos censos, a classificação do rebanho quanto à sua finalidade principal foi atribuída somente para os rebanhos acima de 50 cabeças. A maioria dos estabelecimentos era de natureza familiar, em todos os clusters, porém, no Cluster 3 esse percentual era menor, 55%. Na média, mais de 30% dos estabelecimentos eram dirigidos por pessoas com 61 anos ou mais, e menos de 30% recebiam orientação técnica. Neste último quesito, a exceção foi o Cluster 3, onde 46% dos estabelecimentos declararam receber esse serviço. A seguir, procede-se à descrição das características de cada cluster.

Cluster 1 - Estabelecimentos de porte médio, dedicados a bovinos com produtores mais idosos: *i)* área média de 38,7 ha; *ii)* área média de pastagens de 27,4 ha; *iii)* área de mata e reserva legal (15% da área total) abaixo do exigido por lei; *iv)* rebanho bovino médio de 34 cabeças, com predominância de leite; *v)* taxa de lotação de 1,24 cabeças/ha; *vi)* 69% dos estabelecimentos de origem familiar; *vii)* 36% dos estabelecimentos com dirigentes com 61 anos ou mais; e, *viii)* 27% receberam orientação técnica.

Cluster 2 - Pequenos estabelecimentos mais voltados a lavouras: *i)* área total média de 19,3 ha; *ii)* área média de lavouras anuais de 2,78 ha, o que representa 14% da área total e 20% da área em processo produtivo dos estabelecimentos; *iii)* área de pastagens de 7,37 ha; *iv)* 3,83 ha ocupados com Mata Natural e Reserva Legal, dentro do percentual legal; *v)* 27% dos estabelecimentos possuem bovinos, com rebanho pequeno, média de 10 cabeças; *vi)* maior taxa de lotação entre os clusters – 1,31 cabeças/ha; *vii)* 79% dos estabelecimentos de natureza familiar; *viii)* 26% dirigidos por produtores com 61 ou mais anos; e, *ix)* apenas 22% receberam orientação técnica.

Cluster 3 - Maiores estabelecimentos (boa parte não familiares) produtores de bovinos: *i)* Maiores estabelecimentos (91,4 ha); *ii)* 55 ha de pastagem, na média; *iii)* 19 ha de mata natural (dentro do exigido por lei); *iv)* maior rebanho médio (63,3 cabeças); *v)* menor taxa de lotação entre os clusters (1,15 cabeças/ha); *vi)* 55% dos estabelecimentos familiares (menor percentual entre os clusters); *vii)* 35% dirigidos por produtores com 61 anos ou mais; e, *viii)* 46% com acesso a orientação técnica, bem acima da média da região (28%).

Cluster 4 - Estabelecimentos de porte médio produtores de leite: *i)* porte médio (32,6 ha de área total); *ii)* produtores dedicados prioritariamente à bovinocultura de leite; *iii)* área média de pastagens de 20,2 ha (62% da área total e 78% da área em processo produtivo dos estabelecimentos); *iv)* área de mata natural e reserva legal (15% da área total) abaixo do mínimo legal; *v)* rebanho médio de 26 cabeças e taxa de lotação de 1,28 cabeças/ha; *vi)* 79% dos estabelecimentos de natureza familiar; *vii)* 28% dos dirigentes com 61 anos ou mais; e, *viii)* 30% dos estabelecimentos receberam orientação técnica.

3.2) Análise das receitas auferidas pelos estabelecimentos nos diferentes clusters

A Figura 2 agrega as principais fontes de receitas dos estabelecimentos agropecuários do Vale do Paraíba do Sul (em percentagem sobre a receita total) em três grandes categorias: *i)* receita total das atividades conduzidas dentro dos estabelecimentos, incluindo receitas de lavouras, silvicultura, criação de animais e de outras atividades (artesanato por exemplo); *ii)* receitas totais obtidas de aposentadorias e pensões; e, *iii)* as receitas auferidas de atividades realizadas fora dos estabelecimentos, como recursos de salários e retiradas de empresas e negócios próprios do produtor e seu cônjuge.

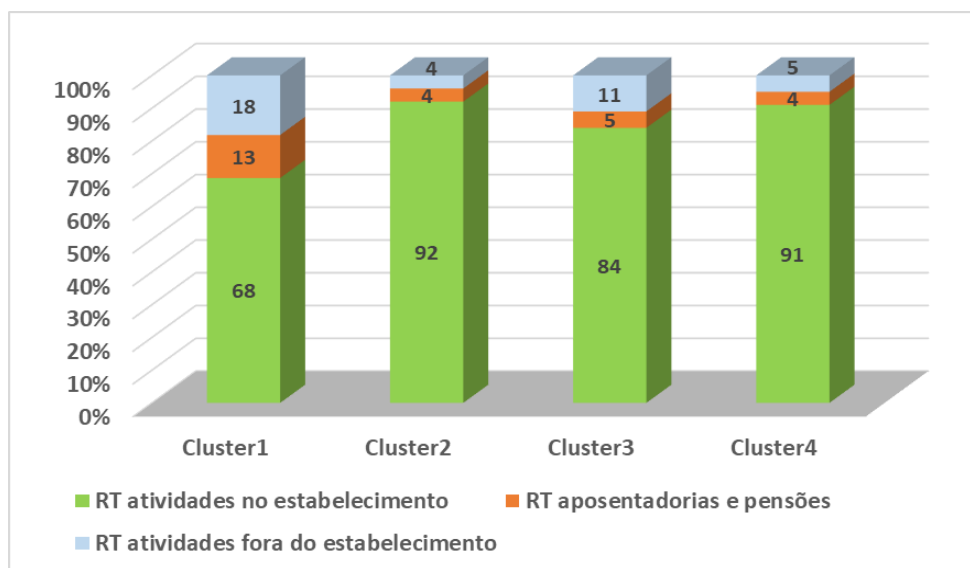


Figura 2. Participação percentual das fontes de receita agregadas, em relação à Receita Total.

A Tabela 4 desagrega as receitas auferidas em mais itens e mostra os valores médios das principais categorias de ingressos monetários, por cluster e média regional, apresentados em R\$/estabelecimento, a valores de dezembro de 2024. Apresenta, ainda, o valor monetário mensal médio auferido pelos estabelecimentos, por cluster e a média da região. Já a Tabela 5 apresenta a participação percentual de cada uma dessas fontes de recursos na formação da receita total dos estabelecimentos.

Tabela 4. Receitas de diferentes categorias auferidas pelos estabelecimentos produtores (por cluster, média/estabelecimento/ano e valor médio mensal) no Vale do Paraíba do Sul, segundo Censos Agropecuários do IBGE (variáveis selecionadas) (R\$/ano em valores de dez. 2024).

Variável / Cluster	RT com criação de bovinos	RT de atividades agropec.	RT com atividades desenv. no estabelec.	Recursos de aposent. / pensões	Rendas de atividades fora do estabelec. (1)	RT de ativ. não produtiva (2)	Receita Total	Valor médio mensal/ estab.
Cluster 1	46.857	72.726	77.964	15.263	20.381	36.105	114.069	9.506
Cluster 2	10.121	181.960	188.059	7.883	7.959	16.331	204.390	17.033
Cluster 3	109.045	197.808	218.401	12.763	27.550	40.835	259.236	21.603
Cluster 4	48.705	159.634	169.470	7.843	8.653	17.082	186.552	15.546
TOTAL	42.079	136.973	144.955	11.154	14.725	26.382	171.338	14.278

Fonte: Tabulações especiais Censos Agropecuários 2006 e 2017.

Tabela 5. Participação percentual das fontes de receitas em relação à Receita Total.

Variável / Cluster	RT com criação de bovinos	RT de atividades agropec.	RT com atividades desenv. no estabelec.	Recursos de aposent. / pensões	Rendas de atividades fora do estabelec. (1)	RT de ativ. não produtiva (2)	RT
Cluster 1	41	64	68	13	18	32	100
Cluster 2	5	89	92	4	4	8	100
Cluster 3	42	76	84	5	11	16	100
Cluster 4	26	86	91	4	5	9	100
Total	25	80	85	7	9	15	100

Fonte: Tabulações especiais Censos Agropecuários 2006 e 2017.

Notas referentes às Tabelas 4 e 5:

(1) Incluem-se nesse item os recursos de salários e retiradas de empresas e negócios próprios, pelo produtor e seu cônjuge [10].

(2) Incluem-se nesse item - além dos recursos de aposentadorias, pensões, salários e retiradas de empresas e negócios próprios -, os recursos providos de prêmios como Garantia Safra, Proagro Mais, recebimentos por serviços ambientais e outros recursos provenientes de programas governamentais [10].

Observações: “Receitas obtidas com a criação de bovinos estão incluídas” no “Total de receitas de atividades agropecuárias”; “Receitas de atividades agropecuárias” estão incluídas no “Total das receitas obtidas com as atividades desenvolvidas no estabelecimento”; “Recursos de aposentadoria ou pensões” e “Rendas obtidas em atividades fora do estabelecimento” estão incluídas em “Total de receitas recebidas não referentes à atividade produtiva do estabelecimento”; “Receita Total” aqui representa a soma de “Total das receitas obtidas com as atividades desenvolvidas no estabelecimento” e “Total de receitas recebidas não referentes à atividade produtiva do estabelecimento”.

A Figura 2 evidencia que a maior parte das receitas em todos os clusters provém das atividades conduzidas nos estabelecimentos, embora tais receitas sejam proporcionalmente menores no Cluster 1.

As Tabelas 4 e 5 mostram que o Cluster 1 (estabelecimentos de porte intermediário quanto à área) foi o que apresentou menor valor da receita total auferida por estabelecimento (média de R\$114.069,35/estab/ano; R\$ 9.505,78/estab/mês). A participação da receita proveniente de bovinos é expressiva e representa 41% da receita total. O Cluster 1 é também aquele que apresenta maior percentual de receitas recebidas não referentes a atividades desenvolvidas no estabelecimento, o que representa 32% da receita total. Dessas, 13% provêm de aposentadorias e pensões e 18% de trabalho externo. Esses dados, aliados ao fato de que 36% dos dirigentes desses estabelecimentos tinham 61 anos ou mais, mostra que esse é o agrupamento onde o fator “idade do produtor” mais pesa, e também é o grupo onde o trabalho externo de membros da família tem maior representatividade.

O Cluster 2 (o de estabelecimentos de menor área total) obteve a segunda maior receita total entre os clusters (R\$ 204.390,12/estab/ano; R\$ 17.032,51/estab/mês), atrás apenas do Cluster 3 (o de estabelecimentos de maior porte). A maior parte de sua receita provém de atividades agropecuárias realizadas no estabelecimento (89% da receita total), mas a participação da receita oriunda de bovinos é pequena, de apenas 5% do

total, montante muito abaixo do restante dos clusters. A análise dos dados constantes no Sistema IBGE de Recuperação Automática (SIDRA) - Tabela 1181, referente ao Censo Agropecuário 2006 [11] e Tabela 6956, referente ao Censo Agropecuário 2017 [12] - mostra que municípios do Cluster 2 são produtores de café, com destaque aos do Estado de Minas Gerais, o que, aliado à maior proporção da área destinada a lavouras anuais entre os clusters, poderia explicar a magnitude de sua receita total. Neste cluster, as receitas recebidas não referentes à atividade produtiva do estabelecimento representam 8% da receita total, também a menor participação entre todos os clusters. Este cluster é o que apresenta o menor percentual de estabelecimentos com dirigentes com 61 anos ou mais (26%).

O Cluster 3 (o de maior área total) foi o que apresentou maior receita total entre todos os demais (R\$259.236,02/estab/ano e R\$ 21.603,00/estab/mês). O total das receitas obtidas com as atividades desenvolvidas no estabelecimento representou 84% da receita total dos estabelecimentos, sendo a receita de bovinos a mais relevante (respondeu por 42% da receita total). Embora em valor bruto as receitas recebidas não referentes à atividade produtiva do estabelecimento tenham sido as maiores entre os clusters (R\$ 40.834,99/estab/ano), elas responderam por 16% da receita total (5% provenientes de pensões e aposentadorias e 11% de rendas de atividades fora do estabelecimento). Vale recordar que este é o cluster de maior área, maior rebanho bovino (predominando leite), menor percentual de estabelecimentos familiares e com maior acesso a orientação técnica. Aqui, o percentual de estabelecimentos com dirigentes com 61 anos ou mais é alto, de 35%. É também o que mais faz uso de mão de obra contratada.

O Cluster 4 (de porte intermediário) obteve receita total de R\$ 186.552,36 /estab/ano e R\$ 15.546,03/estab/mês. A maior parte dessa receita provém de atividades agropecuárias desenvolvidas no estabelecimento (86% da receita total), com uma participação das receitas obtidas com a criação de bovinos de 26% no total de receitas. Os dados, portanto, mostram que este cluster obtém a maior parte das receitas agropecuárias de outros produtos, e não da pecuária bovina. Uma vez que a área destinada a lavouras temporárias representa somente 6% da área em processo produtivo (em média, 1,5 ha), pode-se inferir que a origem das outras receitas agropecuárias deva ser oriunda de outras espécies da pecuária, de lavouras permanentes ou da silvicultura. Os recursos provenientes de aposentadorias/pensões e de rendas em atividades fora do estabelecimento representaram, respectivamente, 4% e 5% da receita total. Aqui, 28% dos estabelecimentos têm como dirigentes pessoas com 61 anos ou mais.

3.3) Migrações de municípios entre agrupamentos (clusters) no período intercensitário (2006 – 2017)

A análise de clusters considerando os dados municipais de ambos os censos conjuntamente nos permite visualizar as movimentações dos municípios entre os clusters. Isso dá uma ideia da evolução dos sistemas de produção no período intercensitário. A Tabela 6 evidencia o sentido das migrações que ocorreram entre os diferentes clusters no período intercensitário (2006 a 2017), enquanto a Figura 3 ilustra a distribuição espacial dos clusters nesses dois censos.

Tabela 6. Migrações entre os clusters no período intercensitário (2006 – 2017).

Cluster- Ano	Cluster 1 - 2017	Cluster 2 - 2017	Cluster 3 - 2017	Cluster 4 - 2017	Total
Cluster 1 - 2006	97,8%	-	1,5%	0,7%	100,0%
Cluster 2 - 2006	6,5%	90,9%	2,6%	-	100,0%
Cluster 3 - 2006	5,4%	0,9%	93,8%	-	100,0%
Cluster 4 - 2006	53,1%	2,7%	13,3%	31,0%	100,0%

Nota: Na diagonal principal o percentual de municípios que permaneceram no mesmo cluster entre os dois censos; os demais percentuais são as migrações dos municípios entre os clusters no período entre 2006 e 2017.

Entre o total de 219 municípios que compõem o Vale do Paraíba do Sul, houve 95 (43,4%) que mudaram de agrupamento no período intercensitário. A grande maioria das migrações ocorreu em direção ao Cluster 1, aquele que, resumidamente, era constituído por municípios com estabelecimentos de porte intermediário, com mais estabelecimentos com dirigentes com 61 anos ou mais e receita total mais baixa entre os clusters, composta por 41% oriundos da criação de bovinos e 32% das receitas provenientes de aposentadorias, pensões e trabalho externo.

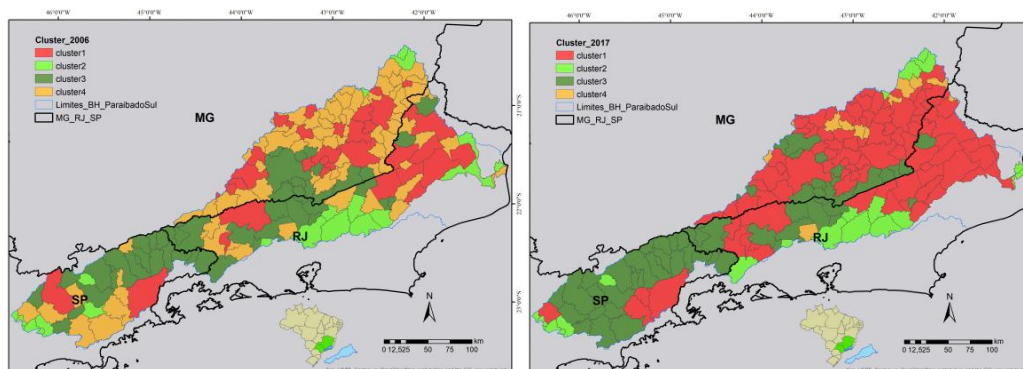


Figura 3. Distribuição espacial dos clusters de municípios produtores do Vale do Rio Paraíba do Sul conforme os Censos Agropecuários 2006 (a) e 2017 (b).

A mais marcante das mudanças partiu do Cluster 4 em direção ao Cluster 1, onde mais da metade dos participantes do Cluster 4 (53,1%, ou 60 casos) migrou para o Cluster 1. É importante recordar que esses dois clusters têm características estruturais relativamente próximas no que se refere à área total, área em processo produtivo, uso da terra, tamanho do rebanho e áreas destinadas a mata natural e reserva legal. Desse modo, as mudanças observadas indicam que o processo de envelhecimento da metade dos produtores que em 2006 estavam no Cluster 4 os teria conduzido a uma situação onde as receitas advindas de atividades dos estabelecimentos se reduziram significativamente, dando lugar a um incremento dos recursos provindos de aposentadorias e pensões e de trabalho externo. Nessa dinâmica, os produtores teriam mantido suas propriedades com poucas mudanças estruturais (houve ligeiro aumento do rebanho - ganhando relevância a bovinocultura de corte em relação à de leite - e da área de pastagens), mas viram sua receita total ser drasticamente reduzida (redução média de 39%). A Figura 3 mostra que as migrações do Cluster 4 para o Cluster 1 ocorreram, no

Vale do Paraíba do Sul, prioritariamente nos municípios mineiros (42 municípios) e naqueles do noroeste do Rio de Janeiro (15 casos). No Estado de São Paulo, três municípios passaram do Cluster 4 para o Cluster 1.

Também houve casos de municípios de outros clusters que migraram para o Cluster 1 no período entre 2006 e 2017: *i)* 6,5% dos municípios que estavam no Cluster 2 em 2006 (foram cinco casos, sendo quatro no norte do Rio de Janeiro e um em São Paulo); e, *ii)* 5,4% dos municípios que pertenciam ao Cluster 3 (seis casos: quatro do Rio de Janeiro e dois de Minas Gerais). Também nesses casos, teria havido envelhecimento dos produtores e piora no nível de receita auferida pelos estabelecimentos.

Já dos municípios onde predominavam estabelecimentos no Cluster 1 em 2006, a grande maioria (98,7%, ou 133 casos) permaneceu nesse mesmo cluster em 2017, não revelando alterações ao longo desses onze anos. Embora tenha havido casos de migração do Cluster 1 para outros clusters com aumento da renda familiar - como para o Cluster 3 (dois casos: um em São Paulo e um em Minas Gerais) e Cluster 4 (um caso em Minas Gerais) -, foi a dinâmica de migrações em direção ao Cluster 1 a que ocorreu em maior número na região, representando redução da receita total das famílias em todos os casos.

A Tabela 6 e a Figura 3 permitem, ainda, verificar que nos casos do Cluster 2 e Cluster 3 não ocorreu migração significativa para outros clusters: 90,9% e 93,8% permaneceram nesses mesmos clusters, respectivamente. Já no Cluster 4 somente 31% dos municípios que o compunham em 2006 se mantiveram nele em 2017.

Nos municípios do Estado de São Paulo pertencentes ao Vale do Paraíba do Sul, a maior parte das migrações ocorreu no sentido do Cluster 4 para o Cluster 3, indicando possível concentração de terras com aumento do tamanho dos estabelecimentos. Esse fato parece ser corroborado quando se analisam separadamente variáveis referentes à área e número de estabelecimentos por estado, para os municípios que integram o Vale do Paraíba do Sul, conforme se apresenta na Tabela 7.

Tabela 7. Número de estabelecimentos, área total dos estabelecimentos e área média por estabelecimento no vale do Paraíba do Sul por UF, segundo os Censos Agropecuários 2006 e 2017.

Variável/ UF/Ano	Número de estabelecimentos			Área total dos estabelecimentos (ha)			Área média por estabelecimento (ha)		
	2006	2017	Var. (%)	2006	2017	Var. (%)	2006	2017	Var. (%)
MG	54.250	59.327	9,4%	1.704.892	1.943.262	14,0%	31,43	32,76	4,2%
RJ	48.649	54.621	12,3%	1.747.947	1.958.903	12,1%	35,93	35,86	-0,2%
SP	17.062	13.151	-22,9%	875.611	789.465	-9,8%	51,32	60,03	17,0%

Fonte: Tabulações especiais Censos Agropecuários 2006 e 2017.

Pode-se observar que no Estado de São Paulo houve uma redução de 23% no número de estabelecimentos, proporção maior que a redução da área total dos mesmos. Isso resultou no aumento do tamanho médio dos estabelecimentos que integram o Vale

do Paraíba do Sul em São Paulo, o que poderia ser atribuído a vendas ou arrendamentos de terras na porção paulista da bacia.

4. Considerações finais

A metodologia baseada em técnicas de aprendizado de máquina aplicada a dados censitários oriundos de tabulações especiais se mostrou satisfatória para diferenciar quatro tipos de estabelecimentos agropecuários no Vale do Paraíba do Sul, reunidos por municípios.

A análise concomitante dos dados dos Censos Agropecuários de 2006 e 2017 permitiu entender a evolução dos sistemas de produção ao longo desses onze anos, evidenciando que a dinâmica de migrações em direção ao cluster com maior proporção de produtores de idade mais avançada e de menor renda foi a que ocorreu em maior número na região, especialmente nos estados de Minas Gerais e Rio de Janeiro, representando envelhecimento dos dirigentes, redução da receita total das famílias rurais e maior participação percentual das receitas provenientes de fora dos estabelecimentos. Em contrapartida, as mudanças observadas no estado de São Paulo mostram redução do número de estabelecimentos e aumento da área média por estabelecimento, o que pode estar relacionado à venda ou arrendamento de terras na porção paulista do Vale do Paraíba do Sul.

Projeto de Pesquisa

Este trabalho se deu no âmbito do Projeto Temático da Fapesp “Contribuições do Pagamento por Serviços Ambientais sobre múltiplas dimensões na Mata Atlântica”, WP 7 - Socioeconomia e Políticas Públicas – “Avaliação socioeconômica de agentes em áreas de conservação e recuperação da Mata Atlântica”; Processo 2021/10195-0, linha de fomento: Acordos de Cooperação / GEF - Global Environmental Facility / GEF - Projeto de Pesquisa - Temático - Chamada de Propostas (2021).

Referências

- [1] BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Estratégia de desenvolvimento de capacidades em adaptação baseada em Ecossistemas como resposta à mudança do clima na Mata Atlântica, Brasil. 2018. Disponível em: <https://www.gov.br/mma/pt-br/assuntos/biodiversidade-e-biomas/biomas-e-ecossistemas/biomas/arquivos-biomas/estrategia-de-desenvolvimento-de-capacidades-em-adaptacao-baseada-em-ecossistemas-como-resposta-a-mudanca-do-clima-na-mata-atlantica-brasil.pdf>. Acesso em: 03 out. 2025.
- [2] SOS MATA ATLÂNTICA. A Mata Atlântica é a floresta mais devastada do Brasil. 2025. Disponível em: <https://www.sosma.org.br/causas/mata-atlantica>. Acesso em: 20 mar. 2025.
- [3] PINTO, L.F.G.; METZGER, J.P.; SPAROVEK, G. Produção de Alimentos na Mata Atlântica: Desafios para uma agropecuária sustentável, saudável e com

neutralização de carbono no bioma que é o maior produtor de alimentos no Brasil. 2022. Disponível em: https://cms.sosma.org.br/wp-content/uploads/2022/11/SOSMA_Produção-de-Alimentos-na-Mata-Atlântica.pdf. Acesso em: 14 jun. 2024.

[4] Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA). Estudos auxiliares para gestão do risco de inundações: Bacia do Rio Paraíba do Sul. Disponível em: <http://gripbsul.ana.gov.br/ABacia.html>. Acesso em: 18 mar 2025.

[5] ANDRADE, C. A.; FASIABEN, M. do C. R. A utilização dos instrumentos de política ambiental para a preservação do meio ambiente: o caso dos Pagamentos por Serviços Ecossistêmicos (PSE). Economia Ensaios, Uberlândia, v. 24, n. 1, 2009. Não paginado.

[6] MCTI. Conexão Mata Atlântica: o projeto. Disponível em: <https://conexaomataatlantica.mctic.gov.br/cma/o-projeto/o-que-e>. Acesso em: 13 ago. 2025.

[7] HAN, J.; KAMBER, M.; PEI, J. Data mining: concepts and techniques. 3rd ed. Amsterdam: Morgan Kaufmann, 2012. 703 p.

[8] DEMPSTER, A. P.; LAIRD, N. M.; RUBIN, D. B. Maximum likelihood from incomplete data via the EM algorithm. Journal of the Royal Statistical Society: Series B (Methodological), v. 39, n. 1, p. 1-38, 1977. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/j.2517-6161.1977.tb01600.x>. Acesso em: 10 abr. 2024.

[9] FRANK, E.; HALL, M. A.; WITTEN, I. H. The WEKA Workbench. Online. Appendix for "Data Mining: Practical Machine Learning Tools and Techniques", Morgan Kaufmann, Fourth Edition. 2016.

[10] IBGE. Censo agropecuário: resultados definitivos. Rio de Janeiro: IBGE, v. 8, p. 1-105, 2019. Disponível em: https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/3096/agro_2017_resultados_definitivos.pdf. Acesso em: 25 abr. 2024.

[11] IBGE. Censo Agropecuário 2006: produção, valor da produção, venda, valor da venda, colheita, área plantada e efetivos das plantações da lavoura permanente nos estabelecimentos agropecuários com mais de 50 pés existentes por produtos da lavoura permanente, condição do produtor em relação às terras, grupos de atividade econômica e grupos de área colhida. In: IBGE. Sidra: sistema IBGE de recuperação automática. Rio de Janeiro, [2022]. tab. 1181. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/1181>. Acesso em: 04 ago. 2025 (a).

[12] IBGE. Censo Agropecuário 2017: produção, valor da produção, venda, valor da venda, colheita, área plantada e efetivos das plantações da lavoura permanente nos estabelecimentos agropecuários, por tipologia, produtos da lavoura permanente e grupos de área total. In: IBGE. Sidra: sistema IBGE de recuperação automática. Rio de Janeiro, [2022]. tab. 6956. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/6778>. Acesso em: 01 set. 2025 (c).