



Diferenciação e caracterização de municípios produtores de bovinos de corte do Bioma Pampa segundo o Censo Agropecuário 2017ⁱ

Maria do Carmo R. Fasiaben¹, Helano P. de Lima¹, Stanley R. de M. Oliveira¹, Maxwell M. T. B. Almeida^{2*}, Octávio C. de Oliveira^{2*}, André S. Moraes³

¹Embrapa Agricultura Digital – Avenida André Tosello, 209 - CP 6041 – CEP: 13083-886 - Campinas, SP - Brasil;

²Coordenação de Estatísticas Agropecuárias - Diretoria de Pesquisas – IBGE - Rio de Janeiro, RJ - Brasil;

³Embrapa Soja – Londrina, PR – Brasil

{maria.fasiaben, helano.lima, stanley.oliveira}@embrapa.br,
{maxwell.almeida, octavio.oliveira}@ibge.gov.br,
andre.moraes@embrapa.br

Abstract. *Cattle raising in the gaúcho pampa is the activity that most characterizes the region since the colonization period. The expansion of monocultures and pastures with exotic species has caused losses in the biome's biodiversity over the years. The objective of this work was to typify the municipalities that produce beef cattle in the Pampa from special tabulations of the 2017 Agricultural Census using machine learning. Emphasis was given to the technical characteristics of livestock production systems, in order to understand their technological standard. The mapping of different production patterns throughout the territory can support institutional actions that are more appropriate for producers, contributing to the conservation of the biome.*

Resumo. *A pecuária no pampa gaúcho é a atividade que mais caracteriza a região desde a época da colonização. A expansão de monoculturas e pastagens com espécies exóticas tem causado perdas na biodiversidade do bioma ao longo dos anos. O objetivo deste trabalho foi tipificar os municípios produtores de bovinos de corte do Pampa a partir de tabulações especiais do Censo Agropecuário 2017 com emprego de aprendizado de máquina. Ênfase foi dada às características técnicas dos sistemas de produção pecuária, para entender seu padrão tecnológico. O mapeamento dos distintos padrões de produção ao longo do território pode apoiar ações institucionais mais apropriadas aos produtores, contribuindo para a conservação do bioma.*

* O IBGE está isento de qualquer responsabilidade pelas opiniões, informações, dados e conceitos emitidos neste artigo, que são de exclusiva responsabilidade dos autores.

1. Introdução

No Brasil, o bioma Pampa está restrito ao estado do Rio Grande do Sul e ocupa 63% do território estadual, o que corresponde a 2,07% do território brasileiro. Apresenta flora e fauna próprias e grande biodiversidade: seus campos nativos contam com notável diversidade de gramíneas, compostas e leguminosas. Desde a colonização ibérica, a pecuária extensiva sobre os campos nativos tem sido a principal atividade econômica da região. Além de proporcionar resultados econômicos importantes, tem permitido a conservação dos campos e o desenvolvimento da cultura regional representada pela figura do gaúcho (BRASIL, 2023).

A progressiva introdução e expansão das monoculturas e das pastagens com espécies exóticas têm levado a uma rápida degradação e descaracterização das paisagens naturais do Pampa (BRASIL, 2023).

Segundo o MAPBIOMAS (2022), o avanço crescente da agricultura tem resultado na perda das formações campestres, a vegetação nativa típica do Pampa. O bioma perdeu 29,5% de sua vegetação nativa de 1985 a 2021, passando os remanescentes de 61,3% a 43,2% da área do bioma, enquanto as áreas com uso antrópico passaram de 28,5% a 46,7% nesse mesmo período (MAPBIOMAS, 2022).

O fomento às atividades econômicas de uso sustentável é um elemento essencial para assegurar a conservação do Pampa. A diversificação da produção rural, a valorização da pecuária com manejo do campo nativo, juntamente com o planejamento regional, o zoneamento ecológico-econômico e o respeito aos limites ecossistêmicos são o caminho para assegurar a conservação da biodiversidade e o desenvolvimento econômico e social (BRASIL, 2023).

O presente trabalho teve por objetivo elaborar uma tipificação dos municípios do bioma Pampa segundo características da criação de bovinos de corte, com enfoque especial na tecnologia empregada pelos produtores. Espera-se que os resultados sejam úteis para o planejamento de ações de pesquisa agropecuária, transferência de tecnologia e desenvolvimento rural, colaborando para a conservação do bioma.

2. Material e métodos

A data de referência do Censo Agropecuário 2017 foi o dia 30 de setembro de 2017 relativamente às informações sobre pessoal ocupado, estoques, efetivos da pecuária, lavouras permanentes e silvicultura, entre outros dados estruturais. Para o período de referência, ao qual foram relacionados todos os dados sobre produção, área, volume de trabalho durante o período, entre outros aspectos, o censo adotou o intervalo de 1º de outubro de 2016 a 30 de setembro de 2017 (IBGE, 2019).

O presente trabalho partiu de uma tabulação especial do Censo Agropecuário 2017 com variáveis agrupadas por municípios e filtradas por estabelecimentos agropecuários com mais de 50 cabeças de bovinos com finalidade principal corte (IBGE, 2022). Variáveis quantitativas (exceto número de estabelecimentos) com menos de três informantes por município foram desidentificadas, por motivo de sigilo estatístico, e municípios com menos de três informantes foram excluídos da análise. A identificação do Pampa como bioma predominante em cada município seguiu o trabalho de Silva et al. (2022).

As variáveis selecionadas para a tipificação foram: 1) Número total de cabeças de bovinos de corte; 2) Número médio de cabeças de bovinos de corte por estabelecimento; 3) Taxa de lotação (cabeças/ha de pastagem); 4) Área de pastagem/área em processo produtivo (%); 5) Área de lavoura/área em processo produtivo (%); 6) Área de floresta plantada/área em processo produtivo (%); 7) Área de Sistemas Agroflorestais/área em processo produtivo (%); 8) Valor da produção advindo de bovinos de corte¹/valor da produção agropecuária (%); 9) Receita agropecuária/Total das receitas obtidas (%); 10) Recursos de aposentadoria/Total das receitas obtidas (%); 11) Rendas obtidas em atividades fora do estabelecimento/Total das receitas obtidas (%); 12) Porcentagem de estabelecimentos que fazem suplementação com ração, grãos e silagem; 13) Porcentagem de estabelecimentos que fazem suplementação com subprodutos agroindustriais; 14) Porcentagem de estabelecimentos que fazem confinamento; 15) Porcentagem de estabelecimentos que recebem orientação técnica; 16) Porcentagem de estabelecimentos que usam adubos químicos; 17) Porcentagem de estabelecimentos que usam corretivos do solo; 18) Porcentagem de estabelecimentos que têm tratores; 19) Porcentagem de estabelecimentos que fazem rotação de culturas.

Na etapa de modelagem, adotou-se o método do cotovelo (do inglês, *Elbow method*) para se estimar o número de grupos (*clusters*) (HAN et al., 2011). Em seguida foi usado o algoritmo Expectation-Maximization (EM) para a geração dos clusters (DEMPSTER et al., 1977), considerando o número de clusters estimado na etapa anterior. O EM foi considerado uma boa escolha para esta análise, pois, além de tolerar valores ausentes, oferece mais flexibilidade que o k-means, associando uma distribuição gaussiana aos clusters, além de ser capaz de lidar com agrupamentos muito próximos, onde apenas a média não seria suficiente para diferenciação. Foi utilizada a versão do algoritmo EM disponível no software Weka, versão 3.8.5 (FRANK et al., 2016).

O algoritmo 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. Cada iteração do algoritmo EM envolve dois passos que são: *expectation* (passo E) e *maximization* (passo M). O Passo E desse algoritmo consiste em obter uma estimativa da esperança (*expectation*) dos dados faltosos para completar a amostra de dados incompleta, partindo-se de um valor inicial empírico. No Passo M, com os dados completados, realiza-se aprendizagem das probabilidades, baseado nas frequências dos estados das variáveis na amostra, de modo a calcular a função de maximização da esperança encontrada. Os Passos E e M fazem parte de um processo iterativo, em que as novas probabilidades, calculadas na fase M, serão utilizadas para realizar a inferência na fase E.

3. Resultados e discussão

O Bioma Pampa apresentou 21.297 estabelecimentos agropecuários de bovinos de corte com mais de 50 cabeças, detendo um total próximo a 6,8 milhões de cabeças e 6,4 milhões de hectares de áreas de pastagens. Esses estabelecimentos estavam presentes em

¹ O valor da produção de bovinos foi obtido da soma entre o valor desses animais vendidos e o valor da produção de leite no período de referência (IBGE, 2019).

150 municípios, que foram classificados em quatro grupos (clusters) (Tabela 1).

No Pampa, observa-se a presença de áreas de lavouras que chegam a ser bastante expressivas em alguns clusters, denotando a importância da diversificação dos sistemas de produção de bovinos de corte no bioma.

O cluster com maior nível tecnológico (Clusters 1) é também o menos frequente: representa 2,4% dos estabelecimentos que estão distribuídos em 23% dos municípios do bioma (Tabela 1). O Cluster 1 se dedica predominantemente à produção vegetal, com áreas de lavouras que alcançam um percentual próximo de 84% da área em processo produtivo, enquanto o percentual ocupado com área de pastagens é, em média, pouco maior que 15% (Tabela 2). Esse cluster detém somente 1,4% do efetivo de bovinos de corte e 0,6% da área de pastagem do bioma (Tabela 1). Observando as variáveis que refletem o nível tecnológico (Tabela 3), vemos que o Cluster 1 se apresenta bem acima da média do Pampa em relação aos quesitos confinamento, suplementação alimentar, utilização de adubação química e de corretivos do solo, presença de tratores, rotação de culturas, orientação técnica e acesso à Internet. O Cluster 1 é o que apresenta maior taxa de lotação (média de 2,59 cabeças/ha). Ele se caracteriza pelo maior percentual de estabelecimentos que fazem confinamento (31,7%) e que utilizam suplementação, com mais de 70% deles suplementando com ração e grãos e 15% com subprodutos agroindustriais (Tabela 3). A maior presença de lavouras poderia explicar o maior uso de adubos, uma vez que o censo de 2017 não coleta a informação do destino dos insumos. Uma melhor localização em termos de solos e a possibilidade de rotações entre lavouras e pastagens também podem ser fatores a explicar as maiores taxas de lotação no Cluster 1. Dos estabelecimentos desse cluster, 85% declararam receber orientação técnica e a Internet chega a 67% deles.

No caso do bioma Pampa, o Cluster 4 se apresenta como o agrupamento de municípios que agrega estabelecimentos com nível intermediário de tecnologia. Ele representa 21,6% dos estabelecimentos e 26,7% dos municípios analisados. Esse cluster detém pouco mais de 20% do efetivo de bovinos de corte em estabelecimentos com mais de 50 cabeças e 18% da área de pastagens destinada a esse tipo de rebanho do bioma (Tabela 1). Das terras em processo produtivo nos estabelecimentos do Cluster 4, em média, cerca de 59% são ocupadas com pastagens, 39% com lavouras, 1,5% com florestas plantadas e 0,8% com sistemas agroflorestais (Tabela 2). A média da taxa de lotação desse cluster é de 1,20 cabeças/ha. O conjunto de dados da Tabela 3 mostra que esse cluster apresenta valores intermediários nas diferentes variáveis tecnológicas, que se apresentam em sua maioria acima da média do bioma. Mais de 60% dos estabelecimentos desse cluster recebem orientação técnica e 51% têm Internet.

Em termos de nível tecnológico vem em seguida o Cluster 3, que representa 19,2% dos estabelecimentos, 26,7% dos municípios e perto de 11% do rebanho e da área de pastagem em estabelecimentos produtores de bovinos de corte com mais de 50 cabeças do bioma Pampa (Tabela 1). Sua taxa de lotação (1,09 cabeças/ha) está próxima à média do bioma (1,07 cabeças/ha), e os indicadores tecnológicos, em sua maioria, também se aproximam das médias do bioma (Tabela 3). Outro destaque em relação a esse cluster é que ele detém os maiores percentuais de área ocupadas com florestas plantadas (3,4% da área em processo produtivo) e com sistemas agroflorestais (4,3%), bastante acima das médias do bioma (de 1,3% e 1,5%, respectivamente) (Tabela 2). Já a

área ocupada com pastagens é de 79% e com lavouras, 13% (Tabela 2). O acesso à orientação técnica e à Internet pelos estabelecimentos desse grupo se restringe a aproximadamente 40% e 41%, respectivamente, representando os menores índices entre todos os agrupamentos.

Já o Cluster 2 – o de mais baixa tecnologia – é o de maior ocorrência no bioma, representando mais de 67% do rebanho e quase 71% da área de pastagem entre os estabelecimentos com mais de 50 cabeças produtores de bovinos de corte do Pampa (Tabela 1). Esse Cluster representa 57% dos estabelecimentos, distribuídos em 23% dos municípios (Tabela 1). Mais de 80% da área em processo produtivo desses estabelecimentos é ocupada com pastagens e 17% com lavouras (Tabela 2). A taxa de lotação média desse grupo é de 1,02 cabeças/ha e todas as variáveis referentes a uso de tecnologia na produção estão abaixo da média do bioma. No Cluster 2, 44% dos estabelecimentos têm acesso à orientação técnica e 42% dos estabelecimentos acessam a Internet (Tabela 3).

Tabela 1 - Ocorrências dos clusters de estabelecimentos produtores bovinos de corte com mais de 50 cabeças do Bioma Pampa agregados por município, a partir de dados do Censo Agropecuário 2017.

Variável / Cluster	Cluster 1	Cluster 2	Cluster 3	Cluster 4	Pampa
Número de ocorrências (municípios)	35	35	40	40	150
Porcentagem de ocorrências em relação ao total do Bioma	23,3%	23,3%	26,7%	26,7%	100%
Número de estabelecimentos produtores de bovinos de corte com mais de 50 cabeças (unid)	518	12.074	4.098	4.607	21.297
Porcentagem de estabelecimentos em relação ao total do Bioma	2,4%	56,7%	19,2%	21,6%	100%
Efetivo de bovinos de corte no cluster (cabeças)	92.330	4.560.776	739.436	1.393.008	6.785.550
Porcentagem de cabeças do cluster em relação ao total do Bioma	1,4%	67,2%	10,9%	20,5%	100%
Área de pastagem do cluster (ha)	35.597	4.487.362	677.773	1.159.738	6.360.470
Porcentagem da área de pastagem em relação ao total do Bioma	0,6%	70,6%	10,7%	18,2%	100%

Tabela 2 - Uso da terra nos clusters de estabelecimentos produtores de bovinos de corte com mais de 50 cabeças no Bioma Pampa, agregados por município, a partir de dados do Censo Agropecuário 2017.

Variável / Cluster	Cluster 1	Cluster 2	Cluster 3	Cluster 4	Pampa
Área total (média) dos estabelecimentos agropecuários (ha)	527,9	505,6	248,9	486,4	452,6
Área média em processo produtivo dos estabelecimentos (ha)	453,0	458,5	208,5	429,6	404,0
Área média de pastagem dos estabelecimentos (ha)	68,7	371,7	165,4	251,7	298,7
Porcentagem da área ocupada com pastagens nos estabelecimentos*	15,2%	81,1%	79,3%	58,6%	73,9%
Área média de lavoura dos estabelecimentos (ha)	379,6	76,7	26,8	167,9	94,2
Porcentagem da área ocupada com lavouras nos estabelecimentos*	83,8%	16,7%	12,8%	39,1%	23,3%
Área média de florestas plantadas dos estabelecimentos (ha)	1,2	4,2	7,2	6,3	5,2
Porcentagem da área ocupada com florestas plantadas nos estabelecimentos*	0,3%	0,9%	3,4%	1,5%	1,3%
Área média de sistemas agroflorestais dos estabelecimentos (ha)	1,5	5,9	9,0	3,5	5,9
Porcentagem da área ocupada com sistemas agroflorestais nos estabelecimentos*	0,3%	1,3%	4,3%	0,8%	1%

* em relação à área em processo produtivo

Tabela 3 - Aspectos gerais da tecnologia empregada nos clusters de estabelecimentos produtores de bovinos de corte com mais de 50 cabeças no Bioma Pampa agregados por município, a partir de dados do Censo Agropecuário 2017.

Variável / Cluster	Cluster 1	Cluster 2	Cluster 3	Cluster 4	Pampa
Tamanho médio do rebanho por estabelecimento (cabeças)	178,2	377,7	180,4	302,4	318,6
Taxa de lotação (cabeça/ha)	2,59	1,02	1,09	1,20	1,07
Porcentagem de estabelecimentos que tem acesso a internet	67,0%	41,6%	39,6%	51,4%	43,9%
Porcentagem de estabelecimentos que tem trator	91,9%	58,2%	63,9%	74,5%	63,6%
Porcentagem de estabelecimentos que faz confinamento	31,7%	4,5%	9,8%	9,0%	7,1%
Porcentagem de estabelecimentos que suplementa com ração, grãos	70,8%	44,6%	53,8%	47,1%	47,6%
Porcentagem de estabelecimentos que suplementa com subprodutos agroindustriais	15,1%	2,1%	5,8%	6,0%	4,0%
Porcentagem de estabelecimentos que usa adubos químicos	69,9%	46,3%	45,8%	56,8%	49,0%
Porcentagem de estabelecimentos que usa corretivos do solo	65,1%	26,0%	31,8%	44,3%	32,0%
Porcentagem de estabelecimentos que faz rotação de culturas	72,8%	24,0%	29,2%	43,7%	30,4%
Porcentagem de estabelecimentos que recebe orientação técnica	84,9%	43,9%	40,8%	60,4%	48%

Tabela 4 - Características socioeconômicas dos clusters de estabelecimentos produtores de bovinos de corte com mais de 50 cabeças do Bioma Pampa agregados por município, a partir de dados do Censo Agropecuário 2017.

Variável / Cluster	Cluster 1	Cluster 2	Cluster 3	Cluster 4	Pampa
Porcentagem de estabelecimentos familiares	26,6%	30,1%	33,2%	26,9%	29,9%
Porcentagem do valor da produção advinda dos bovinos em relação ao valor total da produção	11,2%	36,1%	43,8%	19,7%	29,0%
Porcentagem do total de receitas obtidas que advêm de bovinos de corte	13,4%	35,9%	36,0%	20,7%	29,3%
Porcentagem da receita de atividades agropecuárias que advêm de bovinos de corte	13,8%	39,0%	48,2%	21,9%	32,0%
Porcentagem da receita familiar obtida que advêm da agropecuária	97,2%	92,2%	74,6%	94,2%	91,7%
Porcentagem de receitas obtidas fora do estabelecimento (aposentadoria, trabalho fora, etc) em relação à receita total do estabelecimento	1,2%	6,1%	22,7%	3,3%	6,3%
Porcentagem de estabelecimentos que tem energia elétrica	97,7%	94,9%	92,5%	94,6%	94,4%

A porcentagem do valor da produção agropecuária que advêm da produção de bovinos é maior no Cluster 3, mas ainda assim não chega à metade do valor total da produção (atinge 43,8%). Nos demais clusters, esse percentual é bem mais baixo, o mesmo ocorrendo com o percentual das receitas (vendas) que advêm de bovinos de corte. Na média do bioma Pampa, para os estabelecimentos com mais de 50 cabeças de bovinos de corte, a porcentagem da receita de atividades agropecuárias que advêm de bovinos de corte é de 32% (Tabela 4). Isso demonstra a importância de outros produtos, especialmente as lavouras, na formação da renda dos estabelecimentos agropecuários do Pampa.

A maior parte da receita familiar provém da atividade agropecuária em todos os clusters, mas essa participação é menor no Cluster 3, onde se observa a maior participação de receitas obtidas fora do estabelecimento (aposentadoria, trabalho fora, etc) na formação da receita total do estabelecimento, com média de 22,7% (Tabela 4).

Por fim, a Tabela 4 nos aponta que o menor percentual de estabelecimentos com acesso à energia elétrica está no Cluster 3, na ordem de 92,5%. A média de estabelecimentos com acesso à energia elétrica entre os produtores de bovinos de corte com mais de 50 cabeças no bioma Pampa é de 94,4%.

A Figura 1a mostra a localização espacial dos quatro clusters do Bioma Pampa. Nota-se que o Cluster 1 (o mais tecnificado e com destinação das terras com predomínio de lavouras sobre pastagens – 84% *versus* 15% da área em processo produtivo dos estabelecimentos, respectivamente) está concentrado ao norte do bioma, em divisa com a Mata Atlântica. O Cluster 4 (nível intermediário de tecnologia) também conta com importante presença de lavouras (que representam, em média, 39% da área em processo produtivo dos estabelecimentos) e os municípios que o representam encontram-se localizados principalmente na divisa desse bioma com o bioma Mata Atlântica no Estado, e na faixa limítrofe à Lagoa dos Patos e Lagoa Mirim, áreas de terras baixas de cultivo de arroz irrigado. O Cluster 3 – de tecnologia intermediária a baixa e com destaque para a presença mais expressiva de florestas plantadas e sistemas agrofloretais – mostra distribuição concentrada em faixa no centro-leste do bioma. O Cluster 2, o mais extensivo e prioritariamente voltado à pecuária, se estende principalmente pela faixa centro-sul do bioma.

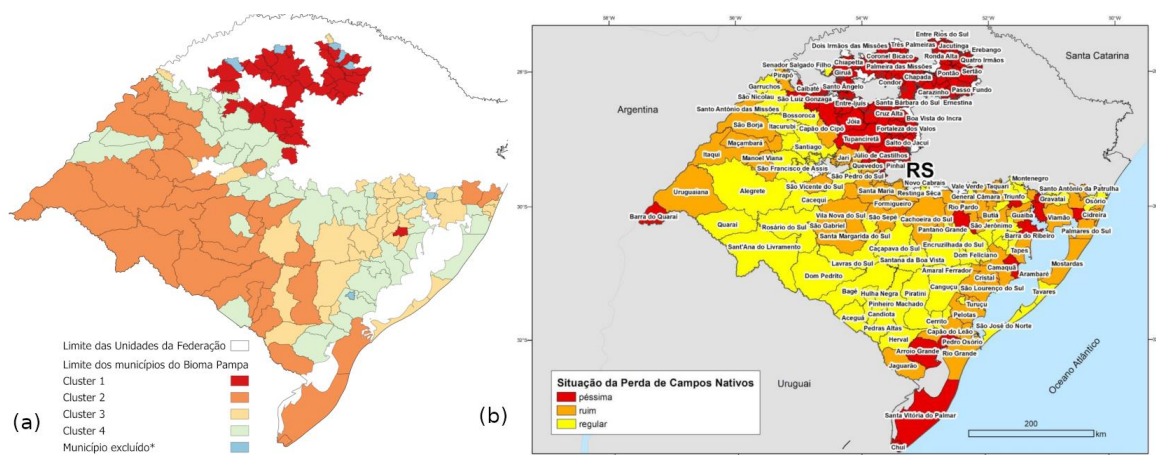


Figura 1. a) Localização espacial dos clusters de municípios produtores de bovinos de corte com mais de 50 cabeças do Bioma Pampa (elaboração própria); b) Municípios do bioma Pampa classificados de acordo com o percentual de remanescentes campestres em 2018, em relação à quantidade estimada de vegetação nativa campestre originalmente presente, onde Péssima: 0 a 25% de remanescentes, Ruim: 26 a 50% de remanescentes e Regular: >50% de remanescentes. (Figura extraída de A Agonia..., 2020).

O estudo A AGONIA... (2020) traça um panorama sobre a supressão da vegetação nativa campestre no Pampa no período 1985-2018, estimando as perdas ocorridas em relação à vegetação campestre original do bioma pré-colonização europeia (Figura 1b). Pode-se dizer que existe convergência entre o mapa com os agrupamentos definidos no presente trabalho e o mapa que divide os municípios do Pampa conforme o percentual dos remanescentes de vegetação campestre nativa descrito no referido estudo. Verifica-se que os municípios dos Clusters 1 e 4 (os com maior presença de lavouras e mais tecnologia) apresentam bastante coincidência com aqueles considerados como em “situação péssima” ou “ruim” em relação aos remanescentes de campos nativos. Tais municípios se caracterizam pela grande expansão de cultivos agrícolas em áreas de campos nativos, de modo que os remanescentes ocupam área inferior a 25% em relação à originalmente presente (considerados em “situação péssima”) e entre 26% e 50% (em “situação ruim”). Em alguns desses municípios, os remanescentes já atingiram valores extremamente baixos: em Santa Bárbara do Sul e Palmeira das Missões, em torno de apenas 3%; em Cruz Alta, perto de 6% (A Agonia, 2020), tendo sido esses três municípios classificados como Cluster 1. Já, por exemplo, os municípios de Camaquã e Itaqui (com 26 e 27% de remanescentes, respectivamente) foram classificados no presente trabalho como Cluster 4. Por sua vez, os Clusters 2 e 3 - prioritariamente dedicados à pecuária - estão entre os municípios tidos como em “situação regular” quanto ao percentual de remanescentes (>50% da área) pelo estudo A agonia... (2020).

4. Considerações finais

O presente trabalho empregou técnica de aprendizado de máquina para analisar a diferenciação de sistemas de produção de bovinos de corte em estabelecimentos agropecuários com mais de 50 cabeças de bovinos do Pampa (agrupados por municípios) com enfoque principal no seu nível tecnológico e acesso a serviços como assistência técnica e internet. A técnica atendeu plenamente aos objetivos do trabalho.

O mapeamento dos quatro clusters de municípios produtores de bovinos de corte definidos no presente trabalho mostrou convergência com o mapa que mostra a supressão da vegetação nativa campestre nos municípios do Pampa (A Agonia, 2020), evidenciando o dilema do *trade-off* entre expansão da produção agrícola e conservação de recursos naturais no bioma Pampa.

Estudos do tipo aqui apresentado podem apoiar na definição de áreas prioritárias para atuação institucional com a finalidade de orientar ações de pesquisa, transferência de tecnologia e desenvolvimento regional, colaborando para a conservação dos recursos naturais do bioma.

5. Referências

- A AGONIA do Pampa: um panorama atual sobre a supressão da vegetação nativa campestre. (2020). 19 p. <http://ecoqua.ecologia.ufrgs.br/arquivos/Agonia_do_Pampa.pdf>.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Biomias. <<https://antigo.mma.gov.br/biomias/pampa>>.
- DEMPSTER, A. P., LAIRD, N. M., RUBIN, D. B. (1977). Maximum likelihood from incomplete data via the EM algorithm. "Journal of the Royal Statistical Society". Series B (Methodological), Blackwell, v. 39, n. 1, p. 1-38.
- FRANK, E.; HALL, M. A.; WITTEN, I. H. (2016). The WEKA Workbench. Online Appendix for "Data Mining: Practical Machine Learning Tools and Techniques", Morgan Kaufmann, Fourth Edition.
- HAN, J.; KAMBER, M. (2011). Data Mining: Concepts and Techniques. San Francisco: Morgan Kaufmann Publishers. 770p.
- IBGE (2019). Censo agropecuário: resultados definitivos. Rio de Janeiro: IBGE, 2019. <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/3096/agro_2017_resultados_definitivos.pdf>.
- IBGE (2022). "Tabulação especial do Censo Agropecuário 2017 de estabelecimentos de bovinos de corte com mais de 50 cabeças agregados por município". Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Coordenação de Agropecuária.
- MAPBIOMAS (2022). Destaques do mapeamento anual da cobertura e Uso da terra no Brasil de 1985 a 2021: Pampa. <https://mapbiomas-br-site.s3.amazonaws.com/MapBiomias_PAMPA_2022_11.10__1_.pdf>.
- SILVA, G. B. S. da; FASIABEN, M. do C. R.; NOGUEIRA, S. F.; GREGO, C. R.; MORAES, A. S.; ALMEIDA, M. M. T. B.; OLIVEIRA, O. C. de; EUSEBIO, G. dos S.; LOPES, W. M. O. (2022). Método para determinar o bioma predominante nos municípios brasileiros. Campinas: Embrapa Agricultura Digital. 18 p. (Embrapa Agricultura Digital. Circular técnica, 6). <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/doc/1144751/1/Circ6-2022.pdf>>.

ⁱ "Esta publicação é um produto do Acordo de Cooperação Técnica entre a Embrapa Agricultura Digital e o IBGE N. 1/2019, publicado no D.O.U. nº 35, de 19 de fevereiro de 2019".