



ARTIGO ORIGINAL

Marcos Antônio Souza dos Santos^{1*}
José de Brito Lourenço Júnior²
Antônio Cordeiro de Santana¹
Alfredo Kingo Oyama Homma³
Stefano Juliano Tavares de Andrade²
André Guimarães Maciel e Silva²

¹ Universidade Federal Rural da Amazônia – UFRA, Instituto Socioambiental e dos Recursos Hídricos, Av. Tancredo Neves, 2501, Montese, Caixa Postal 917, 66077-530, Belém, PA, Brasil

² Universidade Federal do Pará – UFPA, Instituto de Medicina Veterinária, Av. dos Universitários, s/n, Jaderlândia, 68746-360, Castanhal, PA, Brasil

³ Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa Amazônia Oriental, Trav. Dr. Enéas Pinheiro, s/n, Marco, Caixa Postal 48, 66095-903, Belém, PA, Brasil

*Autor Correspondente:

E-mail: marcos.santos@ufra.edu.br

PALAVRAS-CHAVE

Bovinocultura
Sistemas de produção
Tecnologia
Análise multivariada
Amazônia

KEYWORDS

Cattle farming
Production systems
Technology
Multivariate analysis
Amazon

Caracterização do nível tecnológico da pecuária bovina na Amazônia Brasileira

Cattle technological level characterization in Brazilian Amazon

RESUMO: O artigo avalia o nível tecnológico dos sistemas de produção de bovinos na Amazônia Brasileira. A partir dos dados oficiais do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), foram calculados 15 indicadores de adoção de tecnologias para cada um dos municípios da Amazônia Brasileira, submetidos à análise fatorial por componentes principais para estimação do índice tecnológico da pecuária bovina. Foram extraídos cinco fatores denominados de Pecuária tradicional; Manejo de pastagens; Pecuária integrada; Tecnologias de reprodução e Qualidade do leite. A hierarquia dos fatores evidencia que a adoção de tecnologias tradicionais relacionadas ao uso extensivo de pastagens, suplementação com sal mineral e o cumprimento de vacinações obrigatórias predominam frente às tecnologias inovadoras que compõem os outros quatro fatores e cuja adoção ainda é incipiente entre os pecuaristas regionais. Constatou-se que 54,48% dos municípios possuem uma pecuária bovina com baixo nível tecnológico e apenas 9,34% níveis tecnológicos mais elevados. O estado de Mato Grosso possui o maior número de municípios com pecuária bovina de maior nível tecnológico, seguido por Rondônia, Tocantins e o estado do Pará.

ABSTRACT: The article assess the cattle production technological system level in Brazilian Amazon. Through official data from Brazilian Institute of Geography and Statistics (IBGE) were calculated 15 indicators of technology adoption for each city of Brazilian Amazon, submitted to factorial analysis by principal components for cattle breeding technological index estimative. It was extracted five factors called Traditional cattle breeding, Pasture management, Integrated cattle breeding, Reproduction technologies and Milk quality. The factors hierarchy evidences that traditional technologies adoption related with extensive use of pasture, mineral salt supplementation and obligatory vaccines fulfillment predominate front innovative technologies that composes the others four factors and whose adoption is still incipient among regional cattle breeders. It was found that 54.48% of counties possesses low-level technology cattle breeding and that only 9.34% have higher technological level. Mato Grosso state own the higher technological level cattle breeding, followed by Rondônia, Tocantins and Pará.

1 Introdução

A Amazônia Legal abrange os estados da região Norte (Acre, Amapá, Amazonas, Pará, Rondônia, Roraima e Tocantins), o estado de Mato Grosso e os municípios do estado do Maranhão situados a oeste do meridiano 44°. É composta por 775 municípios e ocupa uma superfície de aproximadamente 5 milhões de km², 61% do território brasileiro (IBGE, 2016a), com uma população de 27,9 milhões de habitantes, 13,4% da população nacional.

É uma região que se destaca na pecuária bovina nacional, já que a atividade está presente em 46,2% dos 875 mil estabelecimentos agropecuários (IBGE, 2016b). Em função disso, as pastagens representam a principal forma de ocupação do solo, aproximadamente 63%, segundo dados do projeto TerraClass (Almeida et al., 2016) do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). Em 2014, as áreas de pastagens corresponderam a 47,98 milhões de hectares (INPE, 2016).

Na Amazônia, a pecuária bovina vem exibindo intenso crescimento desde o início da década de 1970, estimulada por grandes projetos de infraestrutura e de colonização agrícola que impulsionaram o fluxo migratório para a região e motivou, também, a expansão da pecuária de corte e leite (Valentin & Andrade, 2009; Dias-Filho, 2012). A partir da década de 1990, esse ritmo se intensificou, em todos os estados, em função dos incentivos da política de crédito rural e da expansão da rede de frigoríficos e laticínios (Santos et al., 2007; Martins et al., 2008).

No período 1990-2015, o rebanho bovino regional cresceu a uma taxa de 5% ao ano, enquanto o crescimento agregado do rebanho brasileiro foi de 1,7% ao ano. Com isso, a participação da Amazônia no rebanho nacional, que em 1990 era de 18,1%, atingiu, em 2015, 39,1%, com efetivo de aproximadamente 84,2 milhões de cabeças (IBGE, 2016c). Nesse período, todos os estados da Amazônia exibiram taxas superiores ao crescimento nacional, evidenciando o avanço da pecuária na Amazônia.

Atualmente, a pecuária bovina é a principal atividade do agronegócio regional e, em 2015, foi responsável por 25,3% do valor da produção agropecuária da Amazônia (Brasil, 2016a). É uma atividade marcada pela heterogeneidade dos sistemas de produção que se diferenciam quanto à escala produtiva, uso dos fatores de produção (terra, trabalho e capital) e nível tecnológico, com rebatimentos sobre a produtividade e o meio ambiente. Estes aspectos motivaram o desenvolvimento deste trabalho, cujas perguntas básicas são as seguintes: Quais os fatores que estão contribuindo para a modernização da pecuária bovina na Amazônia? Qual o nível de adoção de tecnologias na pecuária bovina regional?

Para responder a essas questões e contribuir com o desenvolvimento da pecuária bovina na Amazônia, o objetivo do trabalho foi estimar um índice para aferir o nível tecnológico dos sistemas de produção de bovinos nos municípios da Amazônia Brasileira.

2 Metodologia

O processo de modernização agropecuária envolve inovações tecnológicas, socioeconômicas e institucionais. É um componente fundamental para o desenvolvimento rural, pois a maioria das populações destas regiões depende economicamente de

atividades agropecuárias, e a adoção de inovações permite incrementos de produção, produtividade e renda.

Neste artigo, a adoção tecnológica refere-se ao nível de uso de uma tecnologia nos sistemas de produção de bovinos em escala municipal. Como o processo de modernização é multidimensional e envolve um amplo conjunto de tecnologias, utiliza-se a análise fatorial para identificar os fatores que estão condicionando a modernização da pecuária na Amazônia e, posteriormente, estimar o índice tecnológico da pecuária bovina (ITPEC).

A análise fatorial é um método estatístico multivariado, que analisa as relações entre variáveis correlacionadas, simplificando-as por meio da definição de dimensões latentes comuns, denominadas de fatores (Dillon & Goldstein, 1984; Hair Junior et al., 2006). O modelo de análise fatorial é dado pela Expressão 1:

$$X_i = a_{i1}F_1 + a_{i2}F_2 + a_{i3}F_3 + \dots + a_{ik}F_k + E_i \quad (1)$$

em que X_i é o i -ésimo escore da variável aleatória; F_k indica os fatores comuns não relacionados; a_{ik} são as cargas fatoriais e E_i é o termo de erro que capta a variação específica de X_i . A partir das cargas fatoriais, estimam-se os escores fatoriais para cada observação (município), multiplicando o valor padronizado das variáveis pelo coeficiente do escore fatorial correspondente, conforme a Expressão 2:

$$F_j = W_{j1}X_1 + W_{j2}X_2 + W_{j3}X_3 + \dots + W_{jp}X_p \quad (2)$$

em que F_j representa o j -ésimo fator; W_{ij} são os coeficientes dos escores fatoriais e p é o número de variáveis.

O método utilizado para extração dos fatores foi o de componentes principais e abrange a variância total dos dados. Para melhor identificar a relação das variáveis com os fatores estimados, foi efetuada a rotação ortogonal pelo método *Varimax*. A adequação da amostra foi aferida por meio dos testes de esfericidade de Bartlett e de Kaiser-Meyer-Olkin (KMO). O primeiro testa a hipótese nula de a matriz de correlações ser uma matriz identidade, cujo determinante é igual a um. O segundo, cujo valor varia entre zero e um, compara as correlações de ordem zero com as correlações parciais observadas entre as variáveis (Hair Junior et al., 2006).

Neste trabalho, o modelo fatorial foi estimado a partir de um conjunto de 15 indicadores que avaliam o nível de adoção de tecnologias na pecuária bovina em 771 dos 775 municípios que compõem os nove estados da Amazônia Legal. Estes municípios estão distribuídos entre 102 microrregiões e 30 mesorregiões homogêneas. A base de dados foi obtida da segunda apuração do Censo Agropecuário 2006 do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, divulgada no ano de 2012 (IBGE, 2016b). A definição dos indicadores consta na Tabela 1.

Todos os indicadores foram calculados diretamente como percentuais. A exceção é o indicador X_5 , denominado de Quociente Locacional (QL), utilizado em estudos de economia regional com a finalidade de determinar se um município exibe especialização em uma atividade ou setor específico (Haddad, 1989; Santana, 2004). O QL para a pecuária bovina na Amazônia foi calculado pela Expressão 3.

Tabela 1. Definição dos indicadores tecnológicos utilizados na estimação do modelo fatorial para a pecuária bovina na Amazônia.**Table 1.** Definition of the technological indicators used in the estimation of the factorial model for bovine livestock in the Brazilian Amazon.

Indicador	Definição
X ₁	Proporção de áreas de pastagens em relação à área total dos estabelecimentos agropecuários (%).
X ₂	Proporção de estabelecimentos que efetuam controle de doenças e/ou parasitas nos rebanhos em relação ao total de estabelecimentos com criação de bovinos (%).
X ₃	Proporção de estabelecimentos com criação de bovinos que efetuam suplementação com sal mineral (%).
X ₄	Proporção de estabelecimentos com criação de bovinos que efetuam rotação de pastagens (%).
X ₅	Quociente Locacional (QL) do município em relação à pecuária bovina.
X ₆	Proporção de estabelecimentos com bovinos que efetuam adubação de pastagens (%).
X ₇	Proporção de estabelecimentos com bovinos que efetuam correção do solo (%).
X ₈	Proporção de estabelecimentos com bovinos que recebem assistência técnica (%).
X ₉	Proporção de estabelecimentos com criação de bovinos que efetuam confinamento de animais (%).
X ₁₀	Proporção de estabelecimento com criação de bovinos com animais rastreados (%).
X ₁₁	Proporção de estabelecimentos com criação de bovinos que efetuam suplementação com ração, grãos e subprodutos agroindustriais (%).
X ₁₂	Proporção de estabelecimentos com criação de bovinos que efetuam inseminação artificial (%).
X ₁₃	Proporção de estabelecimentos com criação de bovinos que efetuam transferência de embrião (%).
X ₁₄	Proporção de estabelecimentos que realizam ordenha mecanizada (%).
X ₁₅	Proporção de estabelecimentos que utilizam tanques de resfriamento de leite (%).

$$QL = \left(\frac{VBP_{ij} / VBP_j}{VBP_{iAMZ} / VBP_{AMZ}} \right) \quad (3)$$

em que: VBP_{ij} é o valor bruto da produção da atividade i, no caso bovinos, no município j; VBP_j é o valor bruto total da produção agropecuária no município j; VBP_{iAMZ} é o valor bruto da produção de bovinos na Amazônia; VBP_{AMZ} é o valor bruto total da produção agropecuária na Amazônia.

O índice tecnológico da pecuária bovina (ITPEC) foi calculado a partir da média dos fatores ponderada pela proporção de explicação da variância total associada a cada um deles (Santana, 2007; Santos et al., 2011, 2014), conforme a Expressão 4:

$$ITPEC_i = \frac{\sum_{j=1}^n w_j \times FP_{ij}}{\sum_{j=1}^n w_j} \quad (4)$$

em que ITPEC_i é o índice do i-ésimo município; w_j é a proporção da variância explicada pelo j-ésimo fator e FP_{ij} é o valor do i-ésimo escore fatorial padronizado associado ao i-ésimo município. O escore fatorial foi padronizado para a obtenção de valores positivos entre 0 e 100. A partir dos valores do ITPEC_i, foram estabelecidos quatro níveis tecnológicos: a) ITPEC_i ≥ 75 (alto); b) 50 ≤ ITPEC_i < 75 (médio); c) 25 ≤ ITPEC_i < 50 (baixo) e d) 0 ≤ ITPEC_i < 25 (muito baixo). Os níveis foram definidos em relação ao conjunto de municípios analisados, assim, um município classificado como de alto nível não implica uma bovinocultura com elevados índices tecnológicos, apenas que o seu nível é superior em relação aos demais municípios da amostra.

3 Resultados e Discussão

A análise fatorial por componentes principais se mostrou adequada para identificar os fatores tecnológicos que definem os sistemas de produção da pecuária bovina na Amazônia. Foram

extraídos cinco fatores, com raízes características superiores a um, e que explicaram 66,49% da variância total dos dados. O teste de Bartlett foi significativo a 1% de probabilidade, e o teste KMO apresentou o valor de 0,7921, indicando que a amostra dos dados é adequada à análise fatorial (Tabela 2).

O primeiro fator (F₁) explicou 22,63% da variância total dos dados e foi denominado de “Pecuária tradicional”, pois está associado positivamente com as variáveis X₁, X₂, X₃, X₄ e X₅ que se referem ao percentual de áreas de pasto nos estabelecimentos agropecuários e a adoção de tecnologias de controle de pragas e doenças do rebanho, uso de sal mineral e rotação de pastagens. A forte associação entre estes indicadores ocorre pelo fato de representarem tecnologias com maior nível de adoção pelos produtores regionais nos sistemas de produção de corte e leite.

Na Amazônia, a alimentação dos rebanhos ocorre quase que exclusivamente à base de pastagens (nativas e/ou cultivadas) que constituem a principal forma de ocupação do solo para fins pecuários. Em 2014, a área de pastagens em diversos estágios de conservação foi de 47,98 milhões de hectares. Nos municípios amazônicos, em média, 45,37% da área total dos estabelecimentos com pecuária bovina é ocupado por pastagens, além de outros usos, mas estes percentuais variam substancialmente. Entre os 771 municípios analisados, constatou-se que 120 (15,6%) possuem mais de 70% de superfície ocupada com pastos e 244 (31,6% do total), percentuais entre 50 e 70%. Estas pastagens são utilizadas de forma extensiva, pois apenas 4 de cada 10 estabelecimentos pecuários efetuam rotação de pastagens. Estes indicadores deixam evidentes dois aspectos importantes da pecuária regional. O primeiro é a predominância do sistema de pastejo extensivo, cujo resultado é a taxa de lotação média das pastagens de apenas 0,83 UA/ha e o segundo de natureza ambiental, pois fica evidente a necessidade de regularização ambiental, visando atender o disposto no Decreto Federal nº 7.830/2012 que trata da regularização ambiental dos estabelecimentos rurais (Brasil, 2012).

Tabela 2. Cargas fatoriais após rotação ortogonal e as respectivas comunalidades.**Table 2.** Factorials loads after orthogonal rotation and the respective communalities.

Indicador	F ₁	F ₂	F ₃	F ₄	F ₅	Comunalidade*
X ₁	0,7929	-0,1914	-0,0351	0,1936	-0,0102	0,7041
X ₂	0,8554	-0,0198	0,1400	-0,0313	0,0270	0,7534
X ₃	0,6727	0,3195	-0,1073	0,0847	-0,1262	0,5892
X ₄	0,7680	0,1420	0,3216	-0,0533	0,1115	0,7287
X ₅	0,8377	-0,1699	0,0218	-0,0192	0,0294	0,7323
X ₆	-0,1330	0,8439	-0,0144	0,1237	0,0413	0,7471
X ₇	-0,0037	0,8431	0,1865	0,1450	-0,0010	0,7666
X ₈	0,0990	0,5315	0,3341	-0,0834	0,1578	0,4358
X ₉	-0,2927	0,0750	0,6616	0,0979	-0,1360	0,5570
X ₁₀	0,2561	0,0858	0,7426	0,0245	0,1297	0,6419
X ₁₁	0,2208	0,2192	0,7097	0,0872	0,2469	0,6690
X ₁₂	0,2326	0,1209	0,3235	0,6982	0,1339	0,6789
X ₁₃	-0,0605	0,0899	-0,0527	0,8731	0,0313	0,7778
X ₁₄	0,0483	0,0988	-0,0234	0,0843	0,7577	0,5939
X ₁₅	-0,0532	0,0034	0,1810	0,0271	0,7484	0,5964
Variância explicada (%)	22,63	13,25	12,78	9,12	8,71	-
Acumulado (%)	22,63	35,88	48,66	57,78	66,49	-

Teste de esfericidade de Bartlett = 3.672,07 (p < 0,01) e KMO = 0,7921. *Proporção da variância total da variável explicada pelos fatores comuns.

Quanto à mineralização do rebanho, o percentual médio de adoção dessa tecnologia foi de 35,15%. Mas existe grande heterogeneidade, pois em 331 dos 771 municípios analisados, o nível de adoção dessa tecnologia foi inferior a 30%, e em apenas 35 municípios esse nível foi superior a 70%. Outro aspecto relevante refere-se ao fato de predominar o uso de mistura comercial de sal comum, que na maioria dos casos não atende adequadamente às necessidades nutricionais dos animais, pois desconsidera a aptidão zootécnica (carne e/ou leite). As implicações incidem sobre o desempenho animal em termos reprodutivos, rendimento de carcaça e produção de leite (Tokarnia et al., 2000).

O controle sanitário avançou substancialmente em toda a Amazônia, principalmente a partir da criação das agências de defesa sanitária em oito dos nove estados da região, pois até 1998 apenas o estado de Mato Grosso havia criado a sua agência de defesa agropecuária em 1979. As demais foram criadas em 1998 (Tocantins), 1999 (Rondônia), 2002 (Amapá, Maranhão e Pará), 2003 (Acre), 2008 (Roraima) e 2012 (Amazonas). A principal função destas agências é executar as políticas nacionais de sanidade animal com ênfases no Programa Nacional de Erradicação da Febre Aftosa (PNEFA) e Programa Nacional de Controle e Erradicação da Brucelose e Tuberculose Animal (PNCEBT), em conformidade com as diretrizes da Organização Mundial de Saúde Animal (OIE).

O maior destaque reside na erradicação da febre aftosa, cujos avanços foram substanciais no país, particularmente na Amazônia. Em 2000 e 2001, o estado de Mato Grosso obteve reconhecimento como área livre de febre aftosa com vacinação. Tocantins obteve em 2001; Rondônia, em 2003; Acre e dois municípios do estado do Amazonas, em 2005; ampliação da área de livre com vacinação no Amazonas, em 2011; e, em 2014, reconhecimento do estado do Maranhão e

norte do estado do Pará como áreas livres de febre aftosa com vacinação (Brasil, 2016b). Atualmente, com base nos resultados da vacinação contra febre aftosa do segundo semestre de 2015, foram vacinados 79,7 milhões de cabeças de bovinos e bubalinos, uma cobertura vacinal de 97,07% (Brasil, 2016c).

O primeiro fator também está fortemente correlacionado com o Quociente Locacional (X₂), que mede o nível de especialização dos municípios em pecuária bovina. A concepção interpretativa deste indicador é simples, pois define como especializados aqueles municípios cujo QL seja superior à unidade. Nesse aspecto, constatou que 465 (60,31%), dos 771 municípios analisados, exibiram QL maior que 1. A associação desse indicador econômico com os indicadores tecnológicos nesse fator sugere que a especialização produtiva em pecuária bovina de grande parcela dos municípios ainda está fortemente associada à adoção de tecnologias tradicionais.

O segundo fator (F₂) explicou 13,25% da variância dos dados e está correlacionado com as variáveis X₆, X₇ e X₈ que envolvem a adoção de tecnologias de adubação de pastagens, correção de solos e acesso a serviços de assistência técnica e foi denominado de “Manejo de pastagens”. A prática de adubação de pastagens é incipiente entre os pecuaristas regionais, pois em 70,43% dos 771 municípios analisados o nível de adoção dessa tecnologia é inferior à média regional, que é de apenas 6,53%. Isso reflete a predominância de práticas como a queimada para renovação de pastagens, muito comuns na Amazônia, e que, apesar dos riscos e implicações ambientais, apresenta baixo custo e se sustenta sob o tradicionalismo do argumento de que a queima renova a pastagem, possibilitando uma dieta de maior valor nutritivo para os animais, o que, no entanto, não encontra o devido respaldo científico (Jacques, 2003). Com relação à calagem, o nível de adoção é ainda mais baixo, e a média regional é de apenas 2,68%.

A associação da adubação de pastagens e correção de solos com a prestação de serviços de assistência técnica evidencia o efeito sinérgico que os serviços de assistência técnica e extensão rural (ATER) exercem na adoção de inovações tecnológicas nos sistemas de produção agropecuários, de modo geral, e de bovinos, em particular. Apesar da importância, o acesso aos serviços de assistência técnica nos estabelecimentos com bovinos ainda é limitado, pois em termos regionais a média de acesso foi de apenas 24,02%. A ampliação da oferta de serviços é um aspecto fundamental para a modernização dos sistemas de produção e tende a exercer efeito positivo na adoção de inovações tecnológicas que não se limitam ao manejo de pastagens, mas envolvem também tecnologias relacionadas à ambiência, nutrição, sanidade e reprodução.

O terceiro fator (F_3) foi denominado de “Pecuária integrada” e explicou 12,78% da variância total dos dados. Está relacionado com as variáveis X_9 , X_{10} e X_{11} que envolvem inovações tecnológicas como o confinamento, rastreabilidade e suplementação com ração, grãos e subprodutos agroindustriais. A terminação de bovinos em confinamento é uma estratégia importante para ampliar a oferta de carne na entressafra e viabilizar ganhos de qualidade e produtividade animal (Resende Filho et al., 2001). É uma prática que tem crescido no país nos últimos anos, evoluindo a uma taxa de 5,2% ao ano entre 2007 e 2015. Em 2015, o rebanho confinado no Brasil foi de aproximadamente 8 milhões de cabeças, 3,7% do rebanho nacional. Na Amazônia, o estado de maior destaque é Mato Grosso, maior confinador entre os estados brasileiros, com 1,8 milhão de cabeças, 22,9% do total nacional. O segundo estado com maior destaque na região foi o Tocantins, com 145,4 mil cabeças, 2% do total nacional (ANUALPEC, 2015).

O confinamento de bovinos exige adoção de tecnologias de suplementação com ração, grãos e subprodutos de agroindústria, pois são importantes para potencializar o ganho de peso e a qualidade da carcaça e da carne (Reis et al., 2012). Isto justifica a forte correlação entre estas tecnologias. Na Amazônia, a adoção dessa tecnologia ocorre em apenas 5,44% dos estabelecimentos com criação de bovinos, e em 482 dos 771 municípios analisados este percentual é inferior a 5%. Apesar do estágio inicial de adoção do confinamento e da suplementação com ração, grãos e subprodutos de agroindústria, isso configura inovação importante, principalmente visando atender ao mercado internacional (Mattos et al., 2010).

A rastreabilidade na indústria de alimentos é um processo recente e que tem avançado em função da preocupação de consumidores e instituições públicas quanto à segurança alimentar. No caso particular da carne bovina, o fato que impulsionou a adoção de sistemas de rastreabilidade foi o reconhecimento, em 1997, da associação entre a Encefalopatia Espongiforme Bovina (BSE), conhecida como doença da vaca louca, que incide em bovinos, e a doença de Creutzfeldt-Jakob (DCJ) em humanos. Isso conduziu à exigência de um sistema de rastreabilidade para a carne comercializada na União Europeia, o que afetou diretamente a cadeia produtiva bovina no Brasil (Vinholis & Azevedo, 2002).

No Brasil, a rastreabilidade bovina foi instituída em 2002, por meio da Instrução Normativa nº 1, do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Brasil, 2012), que criou o Serviço de Rastreabilidade da Cadeia Produtiva de Bovinos

e Bubalinos (SISBOV) e é executado em regime de parceria entre o MAPA e a iniciativa privada, com a participação de entidades certificadoras credenciadas. A rastreabilidade na Amazônia está em fase inicial e ainda é concentrada no estado do Mato Grosso. Desde a sua criação, em 2002, o SISBOV tem passado por aperfeiçoamentos nos critérios de habilitação das propriedades, visando atender às exigências do mercado internacional. Atualmente, existem 1.638 propriedades habilitadas no SISBOV no Brasil, e o estado de Mato Grosso ocupa o primeiro lugar, com 434 propriedades aptas, 26,5% do total do país, e nos demais estados da Amazônia não há registro de estabelecimentos aptos (Brasil, 2016d). A baixa adesão ao SISBOV deve-se às mudanças na legislação e à falta de divulgação dessas alterações, além do custo elevado da certificação, que requer maiores investimentos por parte do pecuarista. E mesmo considerando importante a rastreabilidade, o produtor termina não aderindo ao sistema (Lopes & Santos, 2007; Lopes et al., 2012).

O quarto fator (F_4) explicou 9,12% da variância total e relaciona-se positivamente com os indicadores X_{12} e X_{13} , que indicam a utilização de inseminação artificial e de transferência de embriões, e foi denominado de “Tecnologia de reprodução”. Este fator envolve biotecnologias da área de reprodução animal que são essenciais para a melhoria do padrão genético dos rebanhos. O nível de adoção dessas tecnologias é baixo, pois apenas 2,03% dos estabelecimentos realizam inseminação artificial e 0,33% transferência de embrião. Estes percentuais evidenciam a predominância da monta natural a campo como sistema de acasalamento, o qual consiste em manter o touro livremente junto ao lote de vacas para efetuar a cópula à medida que entram no cio (Garcia et al., 2015).

O quinto fator (F_5) explicou 8,71% da variância dos dados e está correlacionado com as variáveis X_{14} e X_{15} que envolvem as tecnologias de ordenha mecanizada e tanques de resfriamento, em função disso foi denominado de “Qualidade do leite”. A adoção destas tecnologias sugere maior especialização na produção de leite, pois geram um produto de melhor qualidade para os laticínios, além de atenderem ao disposto nas instruções normativas 51 e 62, que dispõem sobre regulamentos técnicos de produção, identidade e qualidade do leite e da coleta e transporte de leite cru refrigerado.

A heterogeneidade tecnológica é um traço marcante dos sistemas de produção de bovinos na Amazônia, pois em um mesmo município é possível encontrar unidades de produção com estratégias de produção e níveis de adoção de tecnologias bem diferenciados. Entre os 771 municípios analisados, 54,48% foram classificados com nível tecnológico baixo e muito baixo. Os com nível tecnológico alto totalizaram 9,34%, o que correspondeu a 72 municípios, dos quais 27 estão localizados em Mato Grosso, que é responsável por 34,9% do rebanho bovino da região e 13,6% do Brasil. Na Amazônia, é o estado com a pecuária bovina de maior nível tecnológico, cuja média do índice é 63,34 e onde 85,11% dos 141 municípios possuem nível tecnológico de médio a alto.

O estado do Pará possui 144 municípios, o quinto maior rebanho nacional e o segundo da região, participando com 24,1% do total, em 2015. No estado do Pará, há grande heterogeneidade nos sistemas de produção, pois existem municípios inseridos em todos os quatro níveis, e o coeficiente de variação do índice

tecnológico é o terceiro maior entre os estados (40,55%). Os 24 municípios classificados como de nível muito baixo estão localizados no nordeste paraense e no Arquipélago de Marajó, regiões onde predominam, respectivamente, a agricultura de subsistência e sistemas pecuários extensivos, com uso de pastagens nativas. Os sistemas de produção com maior nível tecnológico ocorrem em municípios das microrregiões de Redenção, Conceição do Araguaia, Paragominas e Parauapebas, que em conjunto representam 32,9% do rebanho estadual.

O estado de Rondônia, que responde pelo terceiro maior rebanho da Amazônia, foi classificado como o segundo com maior nível tecnológico, onde 44 dos 52 municípios possuem nível de médio a alto e nenhum foi classificado como muito baixo. A microrregião de maior destaque foi Ji-Paraná, composta por 11 municípios, que em 2015 representou 21,5% do rebanho bovino e 36,7% da produção estadual de leite bovino. Em Rondônia foi registrado o menor valor do coeficiente de variação do índice tecnológico (13,52%), o que sugere ser o estado da Amazônia com menor heterogeneidade tecnológica dos sistemas de produção de bovinos.

O estado do Tocantins possui 10% do rebanho regional, o quarto maior da Amazônia. Os municípios com maior nível tecnológico estão concentrados nas microrregiões de Araguaína, Miracema do Tocantins, Rio Formoso e Porto Nacional, que em 2015 concentraram 61,58% do rebanho e 64,24% da produção de leite. Nestas microrregiões, a média do índice tecnológico é superior a 60, valores que superam a média estadual (59,98). O coeficiente de variação (20,78%) foi o quarto menor entre os nove estados amazônicos.

O Maranhão, apesar de representar o quinto maior rebanho da Amazônia, com 9,1% do total, possui uma pecuária bovina com baixo nível tecnológico, com 81,22% dos municípios classificados nos níveis baixo e muito baixo. Os municípios com maior nível tecnológico estão localizados na microrregião de Imperatriz, que possui índice tecnológico igual a 60,08 e concentra 22,2% do rebanho e 43,1% da produção estadual de leite. A heterogeneidade tecnológica é alta, pois o estado exibe o segundo maior coeficiente de variação (43,88%).

Os estados com menor representatividade na pecuária regional são Acre, Amapá, Amazonas e Roraima. Em conjunto são responsáveis por 6% do rebanho bovino e 4,2% da produção de leite. Nestes estados, 86,1% dos municípios foram classificados como de nível tecnológico baixo e muito baixo, e os índices tecnológicos variaram entre 30,96, no Amazonas, e 42,89, em Roraima.

Na Tabela 3 constam os indicadores tecnológicos médios, segundo o nível tecnológico. Nos municípios com nível tecnológico muito baixo, as médias do índice tecnológico e do quociente locacional foram 17,22 e 0,32, respectivamente. Nestes municípios, 63,14% do rebanho bovino concentram-se em estabelecimentos do tipo agricultura familiar. É composto por unidades de produção com tamanho médio de 36,91 hectares, com predominância de áreas de lavouras temporárias e permanentes (44,35%) e as pastagens ocupando em média 16,17% da área total dos estabelecimentos. É um sistema que combina agricultura e pecuária como estratégia de diversificação de renda na unidade de produção, envolvendo a produção de leite para autoconsumo e venda do excedente aos laticínios e

a comercialização de bezerros desmamados para o mercado de corte e vacas descartadas para o abate.

O manejo de pastagens é incipiente, apenas 3,20% adubam pastos e 12,69% efetuam rotação de pastagens, com isso a taxa de lotação é de apenas 0,79 UA/ha. O manejo sanitário se limita às vacinações obrigatórias estabelecidas pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) e coordenadas pelas agências estaduais de defesa agropecuária. A adoção de suplementação com sal mineral é de apenas 9,40%, e menos de 2% efetuam suplementação com ração, grãos e subprodutos de agroindústria. No manejo reprodutivo predomina a monta natural a campo, pois a adoção de tecnologias de inseminação artificial e transferência de embrião (IATF) é inferior a 0,5%. O acesso a serviços de assistência técnica é de 13,85% e a participação em associações e cooperativa de 28,39%, os percentuais mais baixos entre os quatro grupos.

Nos municípios com nível tecnológico baixo, a média do quociente locacional é 1,16, o que sugere maior especialização em pecuária bovina comparativamente ao primeiro grupo, entretanto, o valor do índice tecnológico (40,34) indica nível tecnológico baixo. Este grupo é composto por 310 municípios, 40,21% do total analisado. A área média dos estabelecimentos com criação de bovinos é de 148,43 hectares e o principal uso do solo é com pastagens que ocupam 40,51% da área total. Os produtores inseridos neste segundo grupo exibem todos os indicadores superiores aos do grupo anterior, e as diferenças mais expressivas residem na adoção de tecnologias como rotação de pastagens, suplementação com sal mineral e controle de pragas e doenças.

O terceiro grupo é composto por 279 municípios, 36,19% do total, e os valores médios do índice tecnológico e do quociente locacional foram 61,33 e 2,25, respectivamente. A área média dos estabelecimentos com criação de bovinos é de 341,68 hectares, e as pastagens nativas e cultivadas ocupam 57,55% da área total. A área de lavouras temporárias e permanentes é incipiente e ocupa apenas 6,74% da superfície dos estabelecimentos. Os níveis de adoção de tecnologias são superiores aos dos grupos anteriores, e merece destaque a participação em associações e cooperativas (38,76%), acesso aos serviços de assistência técnica (35,63%) e financiamentos (13,10%).

O quarto grupo é composto por 72 municípios, 9,34% do total, e possui médias do índice tecnológico e do quociente locacional de 76,56 e 2,70, respectivamente. É o grupo com maior nível tecnológico. É composto por unidades de produção com tamanho médio de 502 hectares, com as pastagens ocupando 63,68% da área total dos estabelecimentos. O nível de adoção da rotação de pastagens é de 61,45%, 10,12% adubam pastos e 5,78%, efetuam calagem nas pastagens. A suplementação com sal mineral é realizada por 59,80% e 10,93% suplementam com ração, grãos e subprodutos de agroindústria. O nível de adoção da inseminação artificial é o mais elevado entre os quatro grupos (4,09%). Neste grupo também são registrados os maiores percentuais de participação em associações e cooperativas (38,76%) e acesso a serviços de assistência técnica (35,63%) e financiamentos (14,24%).

Apesar da diferenciação quanto ao nível de adoção de tecnologias entre os municípios, os resultados retratam que a pecuária bovina ainda está fortemente associada ao

Tabela 3. Características gerais e indicadores tecnológicos dos sistemas de produção, segundo o nível tecnológico.
Table 3. General characteristics and technological indicators of production systems, according to technological level.

Indicadores	Nível tecnológico					Teste F
	I (110)	II (310)	III (279)	IV (72)	Média Geral	
Área média dos estabelecimentos agropecuários (ha)	36,91	148,43	341,68	502,00	235,47	333,57*
Área ocupada com lavouras temporárias e permanentes (%)	44,35	12,84	6,74	5,08	14,41	161,62*
Área ocupada com pastagens nativas e cultivadas (%)	16,17	40,51	57,55	63,68	45,37	166,87*
Efetivo de bovinos em estabelecimentos da agricultura familiar (%)	63,14	43,55	31,71	24,92	40,26	84,07*
Adução de pastagens (%)	3,20	5,15	8,45	10,12	6,53	14,68*
Correção de solos (%)	1,65	2,29	3,20	5,78	2,86	16,19*
Rotação de pastagens (%)	12,69	34,98	52,55	61,45	40,63	156,86*
Controle de pragas e doenças animais (%)	12,75	38,87	71,22	78,21	50,53	285,53*
Suplementação com sal mineral (%)	9,40	28,23	46,61	61,43	35,14	301,62*
Suplementação com ração, grãos e subprodutos da agroindústria (%)	1,72	3,98	7,09	10,93	5,44	52,02*
Inseminação artificial (%)	0,33	1,44	2,48	4,09	1,90	52,41*
Transferência de embrião (%)	0,03	0,14	0,36	0,48	0,33	1,95ns
Ordenha mecanizada (%)	0,22	0,85	1,03	2,74	1,01	10,57*
Tanques de resfriamento (%)	0,37	1,32	1,23	2,36	1,25	2,45ns
Acesso a serviços de assistência técnica (%)	13,85	20,31	29,14	35,63	24,02	29,79*
Associações e cooperativas (%)	28,39	37,58	37,38	38,76	36,71	0,83ns
Acesso a financiamentos (%)	7,10	10,12	13,10	14,24	11,05	23,52*
Quociente locacional (QL)	0,32±0,44	1,16±0,90	2,25±1,04	2,70±0,86	1,57±1,17	174,85*
Taxa de lotação das pastagens (UA ha ⁻¹)	0,79±0,31	0,81±0,30	0,86±0,36	0,95±0,35	0,83±0,33	3,68ns
Taxa de desmatamento em 2006 (%)	26,65±29,33	31,00±32,26	38,71±33,28	45,78±35,99	34,55±33,03	7,74*
Taxa de desmatamento em 2015 (%)	27,68±29,68	32,41±33,01	40,06±33,82	46,87±36,48	35,86±33,61	7,47*
Produtividade leiteira (L vaca ⁻¹ dia ⁻¹)	2,83±1,04	3,09±1,06	3,79±0,95	4,20±1,04	3,44±1,10	46,53*
Índice tecnológico da pecuária bovina	17,22±7,51	40,34±9,94	61,33±7,12	76,56±8,26	48,02±19,29	1.060,68*

*Significativo a 1% de probabilidade e (ns) não significativo.

desmatamento, pois os municípios com nível tecnológico alto e médio possuem as maiores taxas de desmatamento, que em 2006 foram de 45,78% e 38,71%, e em 2015 atingiram o patamar de 46,87% e 40,06%, respectivamente. Com relação aos indicadores de produtividade, a evidência é de que ainda são muito baixas. A taxa média de lotação regional das pastagens é de apenas 0,83 UA/ha/ano, e não foi identificada diferença estatisticamente significativa entre os quatro níveis tecnológicos. A produtividade média de leite foi de 3,44 litros por vaca dia, sendo que nos municípios com maior nível tecnológico essa média foi de apenas 4,20 litros/vaca/dia.

4 Conclusão

A análise fatorial se mostrou adequada para a identificação dos fatores e a estimação do índice tecnológico da pecuária bovina (ITPEC) desenvolvida nos municípios da Amazônia Brasileira. Foram identificados cinco fatores que contribuíram para determinar o nível tecnológico da atividade, os quais foram denominados de Pecuária tradicional (F₁); Manejo de pastagens (F₂); Pecuária integrada (F₃); Tecnologias de reprodução (F₄) e Qualidade do leite (F₅).

O ordenamento dos fatores indica a predominância da adoção de tecnologias tradicionais relacionadas ao uso extensivo de pastagens, suplementação com sal mineral e cumprimento das vacinações obrigatórias, como é o caso da febre aftosa. A adoção de tecnologias inovadoras consubstanciadas nos outros quatro fatores ainda é incipiente entre os pecuaristas regionais.

A distribuição dos municípios amazônicos segundo essa tipologia indica que 54,48% possuem uma pecuária bovina com baixo nível tecnológico e apenas 9,34% deles níveis tecnológicos mais elevados. O estado de Mato Grosso possui o maior número de municípios com pecuária bovina de maior nível tecnológico, seguido por Rondônia, Tocantins e Pará.

Referências

ALMEIDA, C. A.; COUTINHO, A. C.; ESQUERDO, J. C. D. M.; ADAMI, M.; VENTURIERI, A.; DINIZ, C. G.; DESSAY, N.; DURIEUX, L.; GOMES, A. R. High spatial resolution land use and land cover mapping of the Brazilian Legal Amazon in 2008 using Landsat-5/TM and MODIS data. *Acta Amazonica*, v. 46, n. 3, p. 291-302, 2016.

ANUALPEC. *Anuário da Pecuária Brasileira*. São Paulo: Informa Economics FNP, 2015. 280 p.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – MAPA. Instrução Normativa nº 1: Institui o Sistema Brasileiro de identificação e certificação de Origem Bovina e bubalina (SISBOV). *Diário Oficial da República Federativa do Brasil*, Brasília, DF, 10 jan. 2002. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/animal/rastreabilidade/sisbov>>. Acesso em: 21 set. 2016d.

BRASIL. Casa Civil. Decreto nº 7.830, de 17 de outubro de 2012. Dispõe sobre o Sistema de Cadastro Ambiental Rural, estabelece normas de caráter geral aos Programas de Regularização Ambiental, de que trata a Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012, e dá outras providências. *Diário Oficial da República Federativa do Brasil*. Brasília, DF, 17 de out. 2012. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2012/Decreto/D7830.htm>. Acesso em: 21 set. 2016.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – MAPA. *Valor bruto da produção agropecuária (VBP)*. Brasília, 2016a. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/ministerio/gestao-estrategica/valor-bruto-da-producao>>. Acesso em: 21 set. 2016.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – MAPA. *Evolução geográfica do processo de implantação de zona livre de febre aftosa no Brasil*. Brasília, 2016b. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/febreaftosa>>. Acesso em: 21 set. 2016.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – MAPA. *Campanhas de vacinação contra febre aftosa*. Brasília, 2016c. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/febreaftosa>>. Acesso em: 21 set. 2016.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – MAPA. *SISBOV: Lista de propriedades aptas*. Brasília, 2016d. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/arq_editor/file/Aniamal/SISBOV/Lista_APTAS.pdf>. Acesso em: 21 set. 2016.

DIAS-FILHO, M. B. *Desafios da produção animal em pastagens na fronteira agrícola brasileira*. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2012, 34 p. (Documentos, 382).

DILLON, W. R.; GOLDSTEIN, M. *Multivariate analysis: methods and applications*. New York: John Wiley & Sons, 1984. 587 p.

GARCIA, A. R.; LOURENÇO JÚNIOR, J. B.; SANTOS, J. C. Caracterização e recomendações técnicas para melhoria do manejo reprodutivo de bovinos leiteiro no Oeste do Pará. In: LOURENÇO JÚNIOR, J. B.; SANTOS, M. A. S (Orgs.). *Qualileite: qualidade e tecnologia na cadeia produtiva do leite no estado do Pará*. Belém: Marques Editora, 2015. p. 189-210.

HADDAD, P. R. Medidas de localização e especialização. In: HADDAD, P. R.; FERREIRA, C. M. C.; BOISIER, S.; ANDRADE, T. A. (Orgs.). *Economia regional: teorias e métodos de análise*. Fortaleza: BNB-ETENE, 1989. p. 225-247.

HAIR JUNIOR, J. F.; ANDERSON, R. E.; TATHAN, R. L.; BLACK, W. C. *Análise multivariada de dados*. 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2006. 593 p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. Áreas especiais: cadastro de municípios localizados na Amazônia

Legal. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/geografia/amazonialegal.shtm?c=2>>. Acesso em: 21 set. 2016a.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. *Censo Agropecuário 2006: segunda apuração*. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br>>. Acesso em: 21 set. 2016b.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. *Pesquisa Pecuária Municipal*. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br>>. Acesso em: 21 set. 2016c.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS – INPE. *Levantamento de informações de uso e cobertura da terra na Amazônia - TerraClass*. Brasília: INPE-EMBRAPA. Disponível em: <http://www.inpe.br/cra/projetos_pesquisas/dados_terraClass.php>. Acesso em: 21 set. 2016.

JACQUES, A. V. A. A queima das pastagens naturais: efeitos sobre o solo e a vegetação. *Ciência Rural*, v. 33, n. 1, p. 177-181, 2003.

LOPES, M. A.; DEMEY, A. A.; RIBEIRO, A. D. B.; ROCHA, C. M. B. M.; BRUHN, F. R. R.; RETES, P. L. Dificuldades encontradas pelos pecuaristas na implantação da rastreabilidade bovina. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, v. 64, n. 6, p. 1621-1628, 2012.

LOPES, M. A.; SANTOS, G. Principais dificuldades encontradas pelas certificadoras para rastrear bovinos. *Ciência e Agrotecnologia*, v. 31, n. 5, p. 1552-1557, 2007.

MARTINS, G. C. C.; REBELLO, F. K.; DE SANTANA, A. C. *Mercado e dinâmica espacial da cadeia produtiva do leite na região Norte*. Belém: Banco da Amazônia, 2008. 67 p. (Estudos Setoriais, 6).

MATTOS, C. A. C.; SANTANA, A. C.; PINTO, W. S.; CARDOSO, A. J. G.; COSTA, N. L. Características socioeconômicas e ambientais dos sistemas de produção da pecuária do estado do Pará. *Revista de Ciências Agrárias*, v. 53, n. 2, p. 150-158, 2010.

REIS, R. A.; RUGGIERI, A. C.; OLIVEIRA, A. A.; AZENHA, M. V.; CASAGRANDE, D. R. Suplementação como estratégia de produção de carne de qualidade em pastagens tropicais. *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal*, v. 13, n. 3, p. 642-655, 2012.

RESENDE FILHO, M. A.; BRAGA, M. J.; RODRIGUES, R. V. Sistemas de terminação em confinamento: perspectivas para dinamização da cadeia produtiva da carne bovina em Minas Gerais. *Revista Brasileira de Economia*, v. 55, n. 1, p. 107-131, 2001.

SANTANA, A. C. *Arranjos produtivos locais na Amazônia: metodologia para identificação e mapeamento*. Belém: ADA, 2004. 108 p.

SANTANA, A. C. Índice de desempenho competitivo das empresas de polpa de frutas do estado do Pará. *Revista de Economia e Sociologia Rural*, v. 45, n. 3, p. 749-775, 2007.

SANTOS, M. A. S.; SANTANA, A. C.; RAIOL, L. C. B. Índice de modernização da pecuária leiteira no estado de Rondônia: determinantes e hierarquização. *Perspectiva Econômica*, v. 7, n. 2, p. 93-106, 2011.

SANTOS, M. A. S.; SANTANA, A. C.; RAIOL, L. C. B.; LOURENÇO JÚNIOR, J. B. Fatores tecnológicos de modernização da pecuária leiteira no estado do Tocantins. *Revista em Agronegócios e Meio Ambiente*, v. 7, n. 3, p. 591-612, 2014.

SANTOS, M. A. S.; SANTOS, J. S. B.; CUNHA, S. J. T.; SANTANA, A. C. *Mercado e dinâmica local da cadeia produtiva da pecuária de corte na Região Norte*. Belém: Banco da Amazônia, 2007. 48 p. (Estudos Setoriais, 1).

TOKARNIA, C. H.; DÖBEREINER, J.; PEIXOTO, P. V. Deficiências minerais em animais de fazenda, principalmente bovinos. *Pesquisa Veterinária Brasileira*, v. 20, n. 3, p. 127-138, 2000.

VALENTIN, J. F.; ANDRADE, C. M. S. Tendências e perspectivas da pecuária bovina na Amazônia Brasileira. *Amazônia: Ciência & Desenvolvimento*, v. 4, n. 8, p. 9-32, 2009.

VINHOLIS, M. M. B.; AZEVEDO, P. F. Segurança do alimento e rastreabilidade: o caso BSE. *RAE Eletrônica*, v. 1, n. 2, p. 2-19, 2002.

Contribuição dos autores: Marcos Antônio Souza dos Santos, José de Brito Lourenço Júnior e Antônio Cordeiro de Santana: Análises estatísticas e redação do artigo; Alfredo Kingo Oyama Homma, Stefano Juliano Tavares de Andrade e André Guimarães Maciel e Silva: redação do artigo.

Fonte de financiamento: Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq).

Conflito de interesse: Os autores declaram não haver conflito de interesse.