

# DINÂMICA DO USO E COBERTURA DO SOLO NO ESTADO DO PARÁ: pastagens na década de 2000, segundo o TerraClass

*Moisés Cordeiro Mourão de Oliveira Júnior*

*René Jean Marie Pocard-Chapuis*

*Alfredo Kingo Oyama Homma*

*Adriano Venturieri*

*Cláudio Aparecido de Almeida*

*Hervé Théry*

## Introdução

**D**urante um longo período, a avaliação do uso e cobertura da terra na Amazônia esteve centrada, quase exclusivamente, na questão do desflorestamento (Fearnside, 1993, 2005, 2006; Wood; Porro, 2002), seus efeitos (Prates, 2008; Lorena; Lambin, 2009; Prates; Bacha, 2010; Valeriano et al., 2012) e suas causas (Margulis, 2004; Soares-Filho et al., 2006; Garcia et al., 2007).

Essa discussão, iniciada no fim dos anos 1980, versa sobre a substituição da cobertura florestal original em seus diversificados tipos, a saber: Florestas Densas, Savanas, Campinas/Campinaranas, florestas monodominantes, Manguezais e Vegetação Secundária. Esta última apresentando diferentes conformações fitofisionômicas dependentes de seu tempo de regeneração e uso anterior (Vieira et al., 2003; Almeida et al., 2010; Wandelli; Fearnside, 2015). Entretanto, as avaliações de desflorestamento são orientadas exclusivamente por seu referencial em Florestas Densas e Vegetação Secundária (Souza Filho et al., 2006; Câmara et al., 2006).

Após o estabelecimento de uma nova fase, em que foi assinalada a redução e a estabilidade do desflorestamento (Soares-Filho et al., 2010; Le Tourneau, 2016; Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2017), a partir de meados dos anos 2000, surge uma nova orientação, na qual a questão dos destinos

dessas áreas desflorestadas e seus usos alternativos (Aguiar et al., 2016; Dias et al., 2016) toma a centralidade da discussão. Nesse cenário de pós-desflorestamento, a compreensão do sortimento do uso e cobertura de terra (Veldkamp; Lambin, 2001; Turner et al., 2007), suas propriedades (Aguiar et al., 2007), métricas características (Rosa et al., 2012; Lausch et al., 2015), escala adotada (Simova; Gdulova, 2012) e dinâmica (Soares-Filho et al., 2006; Mendonça et al., 2012) são abordagens correntes, algumas vezes concorrentes, mas com vocação complementar.

Considerando o espaço dos ambientes naturais, os quais são constituídos de ambientes urbanos, rurais e suas transições (Gribb; Czerniak, 2016), a qualificação dos usos da terra nesses ambientes é fundamental para seu entendimento. Um programa como o TerraClass (Coutinho et al., 2013; Almeida et al., 2016) atua como uma ferramenta de ampliação da compreensão das formas de uso e cobertura do solo, representando toda a Amazônia Legal, a qual compreende nove estados brasileiros (totalidade dos estados Acre, Amapá, Amazonas, Mato Grosso, Pará, Rondônia, Roraima, Tocantins e grande parte do Maranhão), representando cerca de 59% de todo o território nacional e 25 milhões de habitantes (IBGE, 2019b, 2022).

Segundo Gribb e Czerniak (2016), os sistemas de classificação de uso e cobertura da terra devem atender a três critérios: (i) descrever a natureza dos usos e coberturas existentes de maneira acurada e com detalhamento adequado; (ii) aderir consistentemente à lógica de futuras classes e planejamentos de uso e cobertura; (iii) ser compatível com tipologias de uso nas políticas de desenvolvimento, gestão, regulações e ordenações territoriais. Desse modo, a definição de classes e categorias analíticas de uso e cobertura da terra é vista como uma questão estratégica para o entendimento da dimensão territorial, seu ordenamento e avaliação de políticas públicas (Almeida et al., 2014).

## **Material e Métodos**

### **Categorias e classes de uso e cobertura da terra**

A partir de uma matriz de dados TerraClass consolidada, composta do total de área nas diferentes categorias e classes de uso e cobertura da terra no estado do Pará (Tabela 1), compreendendo os anos de 2004, 2008, 2010, 2012 e 2014, foram calculados os valores relativos de cada uma das categorias e classes, em função da área total dos municípios. Com fins de análise, foram selecionadas somente as categorias situadas em condições

pós-desflorestamento, cujo objetivo foi direcionar a análise aos usos e coberturas mais correntes, buscando retirar condicionantes estruturais (hidrografia, área urbana, domínio de fitocenoses: representados por floresta e não floresta), condicionantes de imprecisão (área não observada, outros usos e cobertura) ou condicionantes de descontinuidade (mineração).

**Tabela 1.** Classes de uso e cobertura da terra adotadas no TerraClass.

Classes adotadas	Acrônimo	Descrição <sup>(1)</sup>
Floresta	FLOR (%)	Área de floresta primária da Amazônia Legal não alterada, também utilizada pelo projeto Prodes
Não Floresta	N-FLOR (%)	Áreas com cobertura florestal de outra natureza que não a Ombrófila Densa: Savana/Cerrado, florestas de várzeas, Campinas/Campinaranas, Manguezais, etc.
Desflorestamento	DESF (%)	Área da Amazônia Legal alterada em um ano específico, também utilizada pelo projeto Prodes
Reflorestamento	REFLO (%)	Áreas caracterizadas pelo plantio homogêneo de espécies arbóreas, tais como paricá ( <i>Schizolobium amazonicum</i> ), teca ( <i>Tectona grandis</i> ) e eucalipto ( <i>Eucalyptus grandis</i> ). Apresentam como característica principal o plantio em grandes talhões de formato geométrico regular e resposta espectral semelhante à Vegetação Secundária
Vegetação Secundária	VEGSEC (%)	Áreas que, após a supressão total da vegetação florestal, encontram-se em processo avançado de regeneração da vegetação arbustiva e/ou arbórea ou que foram utilizadas para a prática de silvicultura ou agricultura permanente com uso de espécies nativas ou exóticas
Agricultura Anual	AGRIAN (%)	Áreas extensas com predomínio de culturas de ciclo anual, sobretudo de grãos, com emprego de padrões tecnológicos elevados, tais como uso de sementes certificadas, insumos, defensivos e mecanização, entre outros
Pasto Limpo	PAS-LIM (%)	Áreas de pastagem em processo produtivo com predomínio de vegetação herbácea e cobertura de espécies de gramíneas entre 90% e 100%
Pasto Sujo	PAS-SUJ (%)	Áreas de pastagem em processo produtivo com predomínio da vegetação herbácea e cobertura de espécies de gramíneas entre 50% e 80%, associado à presença de vegetação arbustiva esparsa com cobertura entre 20% e 50%
Regeneração com Pasto	PAS-REG (%)	Áreas que, após o corte raso da vegetação natural e o desenvolvimento de alguma atividade agropastoril, encontram-se no início do processo de regeneração da vegetação nativa, apresentando dominância de espécies arbustivas e pioneiras arbóreas. Áreas caracterizadas pela alta diversidade de espécies vegetais

Continua...

**Tabela 1.** Continuação.

Classes adotadas	Acrônimo	Descrição <sup>(1)</sup>
Pasto com Solo Exposto	PAS-SOLEX (%)	Áreas que, após o corte raso da floresta e o desenvolvimento de alguma atividade agropastoril, apresentam uma cobertura de pelo menos 50% de solo exposto
Mosaico de Ocupações	MOSAI (%)	Áreas representadas por uma associação de diversas modalidades de uso da terra e que devido à resolução espacial das imagens de satélite não é possível uma discriminação entre seus componentes. Nesta classe, a agricultura familiar é realizada de forma conjugada ao subsistema de pastagens para criação tradicional de gado
Área Urbana	URB (%)	Áreas de manchas urbanas decorrentes da concentração populacional formadora de lugarejos, vilas ou cidades que apresentam infraestrutura diferenciada da área rural, apresentando adensamento de arruamentos, casas, prédios e outros equipamentos públicos
Mineração	MINER (%)	Áreas de extração mineral com a presença de clareiras e solos expostos, envolvendo desflorestamentos nas proximidades de águas superficiais
Outros	OUTRO (%)	Áreas que não se enquadram nas chaves de classificação e apresentam padrão de cobertura diferenciada de todas as classes do projeto, tais como afloramentos rochosos, praias fluviais, bancos de areia entre outros
Hidrografia	HIDRO (%)	Representado por rios, lagos e represas, com presença mandatória de corpos de água com 100% de cobertura
Área Não Observada	NO (%)	Áreas que tiveram sua interpretação impossibilitada pela presença de nuvens ou sombra de nuvens, no momento de passagem para aquisição de imagens de satélite, além das áreas recentemente queimadas

<sup>(1)</sup> Conforme descrição de Coutinho et al. (2013).

Buscando uma orientação mais sintética, algumas classes foram reunidas a fim de definir categorias derivativas, tais sejam: (α) cultivos agrícolas – compreendendo a agricultura anual (AGRIAN) e o mosaico de ocupações (MOSAI); (β) pastagens – compreendendo todas as classes representantes de pastagens, tais sejam: pasto limpo (PAS-LIM), pasto sujo (PAS-SUJ), regeneração com pasto (PAS-REG), pasto com solo exposto (PAS-SOLEX); (γ1) pastagens em boas condições – sinonímia de pasto limpo (PAS-LIM) e (γ2) pastagens demandantes de recuperação – todas as classes que englobam pastagens, à exceção de pasto limpo.

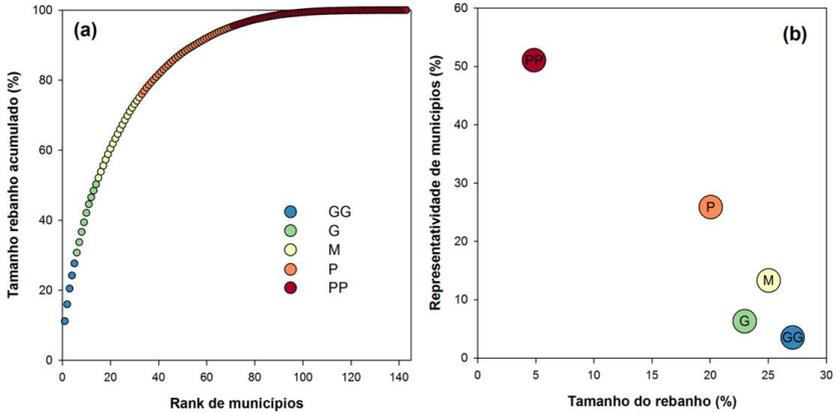
A fim de definir quais das categorias apresentaram poder discriminantes entre os municípios, foi conduzida uma análise fatorial (*factor analysis*), tendo como base a concatenação entre as classes e categorias selecionadas e o ano de avaliação (LULC-ano). Assim, teríamos, por exemplo, a categoria pasto limpo nos anos 2004, 2008, 2010, 2012 e 2014. O mesmo procedimento foi adotado no caso das classes propostas. Ressalta-se que, por tratar-se de uma análise não inferencial, a antedependência temporal foi desconsiderada, sendo as concatenações LULC-ano tomadas como independentes.

Na análise fatorial, a extração dos fatores foi obtida por meio da técnica de componentes principais. Como significativa, adotou-se o autovalor com valor superior a 1,0 (regra de Kaiser) e o autovetor com  $|\lambda| \geq 0,20$  (Johnson; Wichern, 2007; Fabrigar; Wegener, 2011). As análises foram conduzidas com auxílio da linguagem R.

## Dinâmica da categoria pastagens e sua qualificação

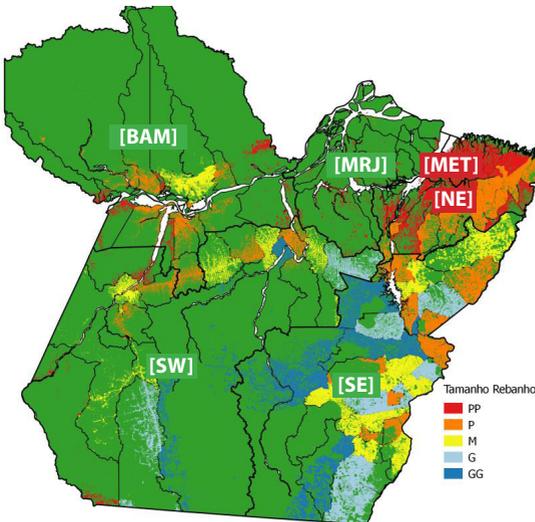
Tomando-se o intervalo entre 2004 e 2014, foram efetuadas as diferenças obtidas entre cada uma das classes e categorias. Para definição do incremento ou redução das áreas de pastagens ( $P_{(+)}$ ,  $P_{(-)}$ ), foi considerado um valor em módulo de 5%, valores abaixo desse limiar foram considerados como constantes ( $P_{(0)}$ ). A mesma abordagem foi utilizada no caso da qualidade das pastagens ( $Q_{(+)}$ ,  $Q_{(0)}$ ,  $Q_{(-)}$ ).

Uma tipificação do tamanho dos rebanhos municipais foi adotada, considerando quartis aproximados (Figura 1). Os níveis dessa tipificação (GG, G, M, P e PP) demonstraram uma elevada concentração dos rebanhos, em que 14 municípios (9% do total) foram tipificados como os de maiores rebanhos (GG, G) e representaram cerca de 50% do rebanho do estado; enquanto cerca de 50% dos municípios (73 municípios) tipificados como os de menores rebanhos (PP) representaram menos de 5% do rebanho. Os segmentos M (18 municípios) representaram cerca de 25% do rebanho total, enquanto o segmento P (38 municípios) representou cerca de 20% do rebanho total do estado (IBGE, 2019a).



**Figura 1.** Disposição da proporção relativa municipal acumulada em função do rank dos municípios (a) e relação entre o percentual de tamanho do rebanho e a representatividade dos municípios do estado do Pará (b).

A fim de sintetizar os resultados dessa dinâmica da categoria pastagens (em função de área e qualidade, bem como da associação à classe Vegetação Secundária), tentou-se uma representação utilizando o nível de agregação mesorregional, o qual é constituído de: [BAM] Baixo Amazonas paraense, [MET] Metropolitana de Belém, [MRJ] Marajó, [NE] Nordeste Paraense, [SE] Sudeste Paraense e [SW] Sudoeste Paraense, representados na Figura 2.



**Figura 2.** Cartograma da tipificação das classes de tamanho de rebanho municipal, nas mesorregiões do estado do Pará em 2014.

## Resultados e discussão

### Categorias e classes de uso e cobertura da terra

Por meio da análise fatorial, foram extraídos cinco componentes principais, os quais conseguiram explicar cerca de 95% da variação total dos dados. O primeiro componente (PCA I) compreendeu cerca de 70% da variação total dos dados, tendo como autovetores significativos (todos com orientação negativa) todas as observações da categoria pastagens e da classe pasto limpo ao longo dos anos (Tabela 2). Já o segundo componente (PCA II), que compreendeu cerca de 15% da variação total e teve como autovetores significativos (todos com orientação positiva) os usos de pastagens na primeira observação da série (2004), tanto uso amplo de pastagens, quanto em boas condições ou em condições demandantes de reforma de pastagens (Tabela 2). O terceiro componente (PCA III) explicou cerca de 7% da variação global e teve como autovetores significativos: (PCA III.a) com orientação positiva – observação inicial das pastagens em boas condições e (PCA III.b) com orientação negativa – observação inicial das pastagens demandantes de reformas e da Vegetação Secundária ao longo de toda a série, à exceção da observação inicial (Tabela 2). Os outros componentes (PCA IV e PCA V) apresentaram valores de explicação da variação global baixos (< 3%) e, de um modo geral, reverberaram outros componentes já explicitados (Tabela 2).

**Tabela 2.** Autovalores e autovetores extraídos na análise fatorial, utilizando a concatenação do uso e cobertura do solo/ano, ao longo da série TerraClass (2004–2014).

UC-Ano	PCA I	PCA II	PCA III	PCA IV	PCA V	Indicador síntese
DE-04	-0,009	0,017	-0,004	-0,005	0,016	
DE-08	-0,004	-0,001	-0,002	0,004	0,006	
DE-10	0,000	0,000	0,000	-0,002	0,001	
DE-12	0,000	-0,001	0,001	0,000	0,001	
DE-14	0,000	0,000	-0,002	0,001	0,000	
{AM}-04	0,000	0,000	0,000	0,000	0,002	
{AM}-08	0,002	0,004	-0,023	0,009	0,023	
{AM}-10	0,001	0,003	-0,031	0,009	-0,001	
{AM}-12	-0,001	-0,002	-0,004	-0,002	-0,010	
{AM}-14	0,000	-0,001	0,001	0,000	0,001	

Continua...

**Tabela 2.** Continuação.

UC-Ano	PCA I	PCA II	PCA III	PCA IV	PCA V	Indicador síntese
VS-04	-0,010	0,102	-0,134	0,034	0,138	
VS-08	-0,053	0,035	<b>-0,353</b>	-0,177	0,094	
VS-10	-0,036	0,109	<b>-0,639</b>	<b>-0,335</b>	0,008	VS
VS-12	-0,054	0,022	<b>-0,394</b>	<b>-0,229</b>	<b>0,205</b>	
VS-14	-0,032	0,083	<b>-0,341</b>	<b>-0,213</b>	<b>0,238</b>	
{P*}-04	<b>-0,258</b>	<b>0,729</b>	0,094	0,092	0,052	
{P*}-08	<b>-0,417</b>	-0,101	-0,166	0,044	-0,343	
{P*}-10	<b>-0,424</b>	-0,147	0,039	0,110	<b>-0,278</b>	P
{P*}-12	<b>-0,393</b>	-0,159	0,044	-0,057	<b>0,415</b>	
{P*}-14	<b>-0,287</b>	-0,163	0,001	0,040	<b>0,286</b>	
PL-04	<b>-0,207</b>	<b>0,478</b>	<b>0,314</b>	<b>-0,489</b>	-0,103	
PL-08	<b>-0,344</b>	-0,118	0,017	0,049	0,055	
PL-10	<b>-0,351</b>	-0,159	0,089	0,015	-0,044	P <sub>[+]</sub>
PL-12	<b>-0,333</b>	-0,158	0,073	-0,072	0,420	
PL-14	<b>-0,261</b>	-0,152	0,063	-0,024	0,317	
PS-04	-0,033	0,118	-0,032	<b>0,228</b>	0,044	
PS-08	-0,053	-0,002	-0,103	0,030	<b>-0,257</b>	
PS-10	-0,034	0,010	-0,022	0,034	-0,096	P <sub>[+]</sub>
PS-12	-0,045	-0,005	-0,006	0,007	0,031	
PS-14	-0,037	-0,006	-0,004	0,001	0,002	
{PD}-04	-0,061	<b>0,251</b>	<b>-0,220</b>	<b>0,581</b>	0,154	
{PD}-08	-0,073	0,019	-0,183	-0,005	<b>-0,398</b>	
{PD}-10	-0,073	0,011	-0,050	0,095	<b>-0,233</b>	
{PD}-12	-0,060	-0,001	-0,029	0,014	-0,004	
{PD}-14	-0,002	-0,001	-0,014	0,006	-0,001	
PR-04	-0,028	0,133	-0,188	0,353	0,111	
PR-08	-0,019	0,021	-0,082	-0,035	-0,142	
PR-10	-0,039	0,001	-0,028	0,061	-0,137	
PR-12	-0,015	0,004	-0,023	0,007	-0,035	
PR-14	-0,008	0,002	-0,018	0,004	-0,002	
PE-04	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	
PE-08	-0,001	0,000	0,001	-0,001	0,001	

Continua...

**Tabela 2.** Continuação.

UC-Ano	PCA I	PCA II	PCA III	PCA IV	PCA V	Indicador síntese
PE-10	0,000	0,000	0,000	0,000	-0,001	
PE-12	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	
PE-14	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	
Autovalores	2.670	593	263	96	86	
Varição (%)	69,0	14,8	6,6	2,4	2,1	
Varição cumulativa (%)	69,0	83,8	90,4	92,8	94,9	

DE: desflorestamento; {AM}: categoria agricultura anual + mosaico de ocupações; VS: Vegetação Secundária; {P\*}: categoria pastagens; PL: pasto limpo; PS: pasto sujo; {PD}: categoria pasto a recuperar; PR: regeneração com pasto; PE: pasto com solo exposto. Valores em negrito  $|\lambda| \geq 0,20$ .

Desse modo, teríamos o PCA I como um arranjo de indicação do amplo uso de pastagens, mas especialmente das pastagens em boas condições; enquanto no PCA II seria assinalado um marco referencial das pastagens seja em seu uso em boas condições seja em condições demandantes de reforma. No PCA III tem-se a indicação do componente Vegetação Secundária, já que, por tratar-se de uma observação inicial, as pastagens demandantes de reforma poderiam ser englobadas na própria dinâmica da Vegetação Secundária.

A categoria {AM; agricultura anual + mosaico de ocupações} não apresentou poder de maximização de discriminância, mas, mesmo assim, recomenda-se mantê-la sob a estrutura de classes distintas para fins de análise, vista a sua perspectiva de adesão à lógica de futuras classes e tipologias em expansão (Huertas, 2007; Mello-Théry, 2011; Gribb; Czerniak, 2016).

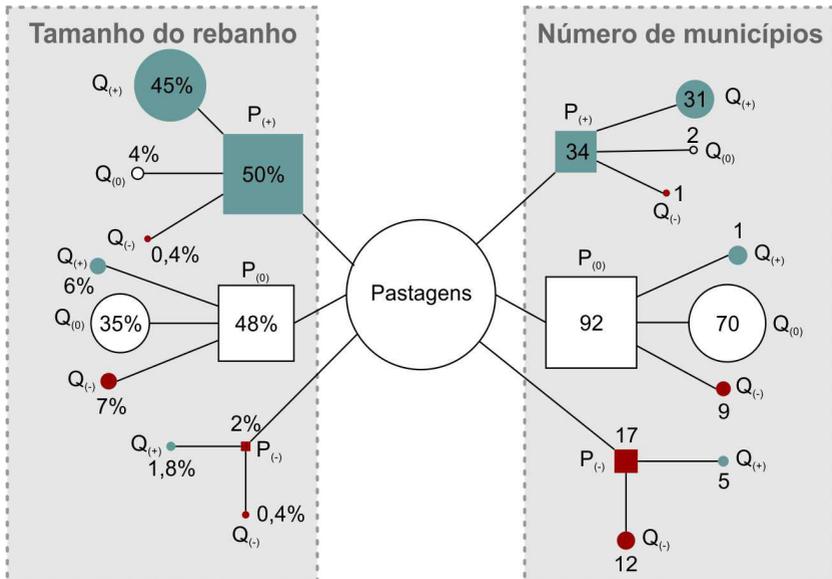
Com base no exposto, temos como indicadores-síntese da dinâmica de uso e cobertura da terra: a categoria (i) “pastagens”, sua condição positiva, expressa pela classe “pasto limpo” e a classe (ii) “vegetação secundária”. Como a condição de pastagens demandante de reforma é definida como a soma de todas as classes da categoria “pastagens”, excetuando-se a classe “pasto limpo”, tem-se a suficiência da discriminação nas categorias e classes: uso global de pastagens, “pasto limpo” e, por diferença, “pastos demandantes de reforma”.

Assim, sugere-se como procedimento analítico a junção das classes constituintes da categoria “pastagens”, excetuando-se o (i.a) “pasto limpo” como uma oposição a este, podendo essa nova categoria ser definida como (i.b) “pasto demandante de recuperação” e (ii) “vegetação secundária”.

Esse protagonismo das pastagens, como componente central da cadeia de produção pecuária, para compreensão da dinâmica de fronteiras, seu estabelecimento e consolidação já havia sido assinalado por Pocard-Chapuis et al. (2005).

## Dinâmica das pastagens

Mesmo com um maior número de municípios (92 municípios, 64% do total) apresentando manutenção ( $P_{(0)}$ ) em suas áreas de pastagens, houve um predomínio de municípios que incrementam ( $P_{(+)}$ ) (34 municípios, 24% do total) ou mantém ( $P_{(0)}$ ), ou seja, municípios que indicam uma condição positiva quando comparados a um número inferior de municípios que apresentam uma redução ( $P_{(-)}$ ) (17 municípios, 12% do total). De modo geral, a qualificação das pastagens foi predominante, seja ao observar-se o número de municípios com aumento da qualidade das pastagens ( $Q_{(+)}$ ) (49 municípios, 34% do total) exclusivamente ou o número de municípios com manutenção da qualidade das pastagens ( $Q_{(0)}$ ) (72 municípios, 50% do total) quando comparado ao número de municípios com redução na qualidade das pastagens ( $Q_{(-)}$ ) (22 municípios, 15% do total) (Figura 3).



**Figura 3.** Síntese da dinâmica da categoria pastagens quanto à sua ampliação e qualificação em função do número de municípios e tamanho de rebanho do estado em 2014.

Fonte: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (2022).

Esse elevado número de municípios que exercem a atividade pecuária no estado é um padrão em praticamente toda a Amazônia. Mesmo com um incremento na quantidade de municípios que ampliam a qualificação de suas pastagens, ainda é possível inferir-se sobre a influência da trinca de determinantes de expansão pecuária “segurança, poupança e liquidez” (Piketty et al., 2005) em condições de manutenção de áreas e qualificação de pastagens.

Dado o aumento no incremento de área de pastagens ( $P_{(+)}$ ), a quase totalidade dos municípios apresentaram também incremento na qualidade das pastagens ( $Q_{(+)}$ ) (31:34 municípios). De modo semelhante, dada a manutenção de área de pastagens ( $P_{(0)}$ ), a grande maioria dos municípios apresentou também manutenção da qualidade de pastagens ( $Q_{(0)}$ ) (70:92 municípios), enquanto no caso da redução de pastagens ( $P_{(-)}$ ), houve uma segmentação, registrando-se um maior número de municípios que reduziram a qualidade das pastagens ( $Q_{(-)}$ ) (12:17 municípios) ou incrementaram a qualidade das pastagens ( $Q_{(+)}$ ) (5:17 municípios) (Figura 3).

Considerando-se o tamanho do rebanho, no final da avaliação, a grande maioria deste encontra-se em municípios que aumentaram e qualificaram ( $P_{(+)}|Q_{(+)}$ ) suas áreas de pastagens (45% do rebanho total). Seguidos de municípios que, mantendo suas áreas de pastagens, ou mantiveram a qualidade das pastagens ( $P_{(0)}|Q_{(0)}$ ) ou incrementaram ( $P_{(0)}|Q_{(+)}$ ) essas pastagens (35% do total do rebanho). Havendo redução na área de pastagens, a redução da qualidade destas ( $P_{(-)}|Q_{(-)}$ ) representou somente 0,4% do rebanho do estado (Figura 3).

De modo geral, as pastagens apresentaram tendência ao incremento ou manutenção de área (123 municípios, 88% do total) e, também, foi observado um forte incremento na qualidade dessas pastagens (121 municípios, 84% do total). Essas afirmações também são corroboradas pelo tamanho do rebanho estadual, em que a quase totalidade deste encontra-se em municípios que apresentaram incremento ou manutenção ( $P_{(+)}|P_{(0)}$ : 98% do total do rebanho) de áreas de pastagens e incremento ou manutenção ( $Q_{(+)}|Q_{(0)}$ : 92% do rebanho total) da qualidade das pastagens (Figura 3).

A tipificação de rebanho GG apresentou-se restrita a duas conformações: ( $GG_{(1)}$ ) incremento de áreas e de qualidade das pastagens ( $P_{(+)}|Q_{(+)}$ ) e ( $GG_{(2)}$ ) manutenção, tanto de área quanto de qualidade das pastagens ( $P_{(0)}|Q_{(0)}$ ), com especial destaque para a primeira conformação, que representou cerca de um quinto do rebanho do estado (Tabela 3). Como representantes da

conformação  $GG_{(1)}$  temos os municípios [SE] Cumaru do Norte, Marabá e São Félix do Xingu e na conformação  $GG_{(2)}$ , tem-se como representantes [SE] Novo Repartimento e [SW] Altamira.

**Tabela 3.** Número de municípios e percentual do total do tamanho do rebanho estadual, em função da tipologia de tamanho de rebanho e dinâmica de crescimento e qualificação de pastagens.

[P]	[Q]	Tipificação tamanho do rebanho					Total		
		GG	G	M	P	PP			
■	$P_{(+)}$	●	$Q_{(+)}$	3 (19,4%)	4 (10,2%)	7 (10,5%)	10 (4,5%)	7 (0,7%)	31 (45,2%)
	$P_{(+)}$	○	$Q_{(0)}$		1 (2,7%)	1 (1,3%)			2 (4,0%)
	$P_{(+)}$	●	$Q_{(-)}$				1 (0,4%)		1 (0,4%)
□	$P_{(0)}$	●	$Q_{(+)}$			3 (4,1%)	3 (1,2%)	7 (0,8%)	13 (6,1%)
	$P_{(0)}$	○	$Q_{(0)}$	2 (8,3%)	3 (7,9%)	5 (6,5%)	17 (10%)	43 (2,5%)	70 (35,2%)
	$P_{(0)}$	●	$Q_{(-)}$		1 (1,8%)	1 (1%)	7 (3,9%)		9 (6,8%)
■	$P_{(-)}$	●	$Q_{(+)}$			1 (1,4%)		4 (0,3%)	5 (1,8%)
	$P_{(-)}$	○	$Q_{(0)}$						
	$P_{(-)}$	●	$Q_{(-)}$					12 (0,4%)	12 (0,4%)
Total				5 (27,6%)	9 (22,6%)	18 (24,8%)	38 (20,1%)	73 (4,8%)	143 (100%)

[P] áreas de pastagem; [Q] qualidade das pastagens; (+) incremento; (0) manutenção; (-) redução. Valores entre parênteses referem-se ao percentual do total tamanho do rebanho.

Comparando-se a fases anteriores (Mertens et al., 2002), essa região apresentou uma mudança substancial quanto à sua orientação sob consolidação, em que a expansão da atividade pecuária dá-se pela concomitante ampliação da qualificação das pastagens, em oposição à expansão mediante o desflorestamento.

Na tipificação G, apresentou uma ampliação das conformações, em que a predominante  $G_{(1)}$  caracterizou-se pelo incremento, tanto de área quanto de qualidade das pastagens ( $P_{(+)}$ | $Q_{(+)}$ ) e representou cerca de 10% do rebanho do estado (Tabela 3), sendo formada pelo municípios [SE] Itupiranga, Santa Maria das Barreiras, Santana do Araguaia e Xinguará. Uma outra conformação assinalada  $G_{(2)}$  caracterizou-se pela manutenção da qualidade das pastagens e aumento ( $P_{(+)}$ | $Q_{(0)}$ ) ou manutenção das áreas de pastagens ( $P_{(0)}$ | $Q_{(0)}$ ) e também representou cerca de 10% do rebanho do estado

(Tabela 3), sendo constituída pelos municípios [SE] Água Azul do Norte, São Geraldo do Araguaia, [SW] Novo Progresso e Pacajá. Já a conformação  $G_{(3)}$  apresentou manutenção das áreas de pastagens, mas assinalou uma redução na qualidade ( $P_{(0)}|Q_{(-)}$ ) das pastagens, concentrando cerca de 2% do rebanho estadual (Tabela 3), sendo constituída pelo município de [SE] Rondon do Pará.

A tipificação M foi dentre as tipificações a que apresentou o maior espectro de conformações, em que a conformação  $M_{(1)}$  teve incremento tanto de área quanto de qualidade ( $P_{(+)}|Q_{(+)}$ ), representando cerca de 12% do rebanho do estado (Tabela 3) e foi constituída pelos municípios [SE] Bannach, Conceição do Araguaia, Eldorado dos Carajás, Piçarra, Rio Maria, [SW] Anapu, Brasil Novo e Uruará. A conformação  $M_{(2)}$  representou os municípios com manutenção de áreas e que ou mantiveram ( $P_{(0)}|Q_{(0)}$ ) ou incrementaram ( $P_{(0)}|Q_{(+)}$ ) a qualidade das pastagens, representando cerca de 10% do rebanho do estado (Tabela 3), constando dos seguintes municípios: [BAM] Alenquer, Monte Alegre; [SE] Curionópolis, Goianésia do Pará, Ourilândia do Norte, Paragominas, Redenção; [SW] Itaituba. A mesma orientação quanto à qualidade das pastagens, mas com redução da área dessas pastagens foi assinalada na conformação  $M_{(3)}$ , a qual representou cerca de 1% do rebanho do estado do Pará (Tabela 3), sendo composta pelo município [SE] Canaã dos Carajás. A conformação  $M_{(4)}$  englobou municípios que, mesmo que com redução de área ( $P_{(-)}|Q_{(+)}$ ), apresentaram aumento na qualificação das pastagens, representando cerca de 1,5% do rebanho total do estado (Tabela 3), sendo composta por [SE] Tucumã.

Praticamente, as mesmas conformações observadas na tipificação G foram observadas na tipificação P (exceção da ocorrência  $P_{(+)}|Q_{(-)}$  em um município), mas com marcante diferença quanto à orientação de sua expressão. Uma conformação  $P_{(1)'$ , a qual engloba os municípios que apresentaram incremento tanto em área quanto em qualidade das pastagens ( $P_{(+)}|Q_{(+)}$ ), representou 10:38 municípios e menos de 5% do rebanho total do estado (Tabela 3), sendo formada pelos municípios [NE] Aurora do Pará, Capitão Poço, Garrafão do Norte, Santa Luzia do Pará, Tailândia, Viseu, [SE] Floresta do Araguaia, Palestina do Pará, São João do Araguaia e Sapucaia. Ressalta-se a conformação  $P_{(2)'$ , a qual representa municípios com ampliação de áreas de pastagens, mas com concomitante redução da qualidade das pastagens ( $P_{(+)}|Q_{(-)}$ ), sendo representada exclusivamente pelo município de [SE] Nova Ipixuna, com representatividade de rebanho menor do que 0,5%. Outra conformação assinalada  $P_{(3)}$  foi caracterizada pela manutenção das áreas de pastagens e

aumento ( $P_{(0)}|Q_{(+)}$ ) ou manutenção ( $P_{(0)}|Q_{(0)}$ ) da qualidade das pastagens, a qual representou 20:38 municípios, pouco mais de 11% do rebanho total (Tabela 3), sendo representado por [NE] Ipixuna do Pará, Irituia, Mãe do Rio; [BAM] Óbidos, Oriximiná, Placas, Prainha, Santarém, [MRJ] Chaves, [NE] Baião, [SE] Brejo Grande do Araguaia, Breu Branco, Dom Eliseu, Parauapebas, São Domingos do Araguaia, [SW] Medicilândia, Rurópolis, Senador José Porfírio, Trairão e Vitória do Xingu. Já a conformação  $P_{(4)}$  assinala a manutenção das áreas de pastagens, mas também a redução em qualidade ( $P_{(0)}|Q_{(-)}$ ) das pastagens, englobando, 7:38 municípios, cerca de 4% do rebanho total do estado, sendo representada por [NE] Tomé-Açu, [SE] Abel Figueiredo, Bom Jesus do Tocantins, Jacundá, Pau D'Arco, Tucuruí e Ulianópolis.

Em se tratando dos municípios constituintes da tipificação de tamanho de rebanho PP, assinalou-se a conformação  $PP_{(1)}$  dos municípios que apresentaram tanto aumento de qualidade das pastagens ( $P_{(+)}|Q_{(+)}$ ) quanto aumento ou manutenção de áreas de pastagens ( $P_{(0)}|Q_{(+)}$ ) com 14:73 municípios, representando cerca de 1,5% do rebanho total nos municípios [NE] Braganca, Cachoeira do Piriá, Capanema, Nova Esperança do Piriá, Santarém Novo, São João da Ponta, Tracuateua, [BAM] Curuá, [NE] Ourém, Santa Maria do Pará, São Domingos do Capim, São Francisco do Pará, São Miguel do Guamá e Terra Alta. Enquanto a conformação  $PP_{(2)}$ , em que tanto as áreas quanto a qualidade de pastagens ( $P_{(0)}|Q_{(0)}$ ) foram mantidas, assinalou 43:73 municípios, cerca de 2,5% do rebanho do estado, sendo representada por [BAM] Almeirim, Belterra, Faro, Juruti, Porto de Moz, Terra Santa, [MET] Ananindeua, Belém, [MRJ] Afuá, Anajás, Bagre, Breves, Cachoeira do Arari, Curalinho, Gurupá, Melgaço, Muaná, Ponta de Pedras, Portel, Salvaterra, Santa Cruz do Arari, São Sebastião da Boa Vista, Soure, [NE] Augusto Correa, Cametá, Colares, Curuçá, Igarapé-Miri, Limoeiro do Ajuru, Magalhães Barata, Maracanã, Marapanim, Mocajuba, Moju, Oeiras do Pará, Primavera, Quatipuru, Salinópolis, São Caetano de Odivelas, São João de Pirabas, Vigia, [SW] Aveiro e Jacareacanga. Já a conformação  $PP_{(3)}$ , em que foi assinalada a redução de área mas com incremento de qualidade ( $P_{(-)}|Q_{(+)}$ ) das pastagens, com 4:73 municípios, representou cerca de 0,3% do rebanho total do estado, constando dos municípios [MET] Castanhal, [NE] Bonito, Nova Timboteua e Peixe-Boi. A conformação  $PP_{(4)}$ , na qual houve redução de área de pastagens, bem como de qualidade destas ( $P_{(-)}|Q_{(-)}$ ), representou 12:73 municípios, menos de 0,5%, tendo como representantes os municípios [MET] Barcarena, Benevides, Bujaru, Inhangapi, Marituba,

Santa Bárbara do Pará, Santa Isabel do Pará, Santo Antônio do Tauá, [NE] Abaetetuba, Acará, Concórdia do Pará e Igarapé-Açu.

Marcantes diferenças na cadeia produtiva pecuária já haviam sido assinaladas entre as diferentes regiões do estado, sendo sugerido seu uso como aferidor ao entendimento da dinâmica das fronteiras agropecuárias (Poccard-Chapuis et al., 2005). Em estudo focalizando as regiões da Zona Bragantina (Nordeste Paraense), Transamazônica (Sudoeste Paraense) e Sul do Pará (predominantemente Sudeste Paraense), são indicados fatores determinantes para a expansão e consolidação da atividade pecuária, representados por eixos: socioculturais; fatores de produção; microeconômicos; mercado e cadeias produtivas; políticas públicas e técnicos. Dentre estes, somente o eixo fatores de produção (constituído dos fatores: pouca exigência e baixa qualidade de mão de obra; flexibilidade da pecuária; estratégia de especulação/concentração fundiária; baixo preço da terra; ocupação/garantia da terra) não apresentou nenhum impacto de natureza positiva, enquanto outros fatores apresentaram impacto positivo, tais sejam: eixo socioculturais – tradição pecuária ou agropecuária, experiência na pecuária; eixo microeconômico – retorno seguro e rápido apesar de pequeno, boa poupança/liquidez; eixo mercado e cadeias produtivas – mercados para produtos da pecuária, potencial socioeconômico; eixo políticas públicas – financiamento para a pecuária; eixo técnico – boas condições agroecológicas, acesso à tecnologia pecuária, sistemas técnicos eficientes (Veiga et al., 2004; Piketty et al., 2005), o que explica a manutenção da atividade pecuária mesmo em condições de menor intensificação, como observado nos municípios com pequena contribuição ao rebanho total do estado.

Considerando-se a contribuição ao rebanho do estado, tem-se as mesorregiões [SE] (67,1%) e [SW] (18,3%) como as maiores contribuintes, seguidas de [BAM] e [NE] (6,4% e 6,5%, respectivamente) em uma posição intermediária. As mesorregiões [MET] e [MRJ] (0,4% e 1,3%, respectivamente) apresentaram uma contribuição inferior a 2% do total do rebanho. Somente a mesorregião [SW] apresentou todas as tipificações de tamanho de rebanho, enquanto a [SE] apresentou todas as tipificações, à exceção de PP. Já a mesorregião [MET] apresentou exclusivamente a tipificação PP. As mesorregiões [NE] e [MRJ] apresentaram somente as tipificações PP e P, enquanto [BAM] apresentou as tipificações PP, P e M (Tabela 4).

**Tabela 4.** Percentual do rebanho estadual, em função da tipificação de tamanho do rebanho municipal e dinâmica de áreas e qualidade das pastagens, nas mesorregiões do Pará.

Mesorregião	Tipologia Rebanho	P <sub>(+)</sub>		P <sub>(0)</sub>		P <sub>(-)</sub>		Total
		Q <sub>(+)</sub>	Q <sub>(0)</sub>	Q <sub>(+)</sub>	Q <sub>(0)</sub>	Q <sub>(+)</sub>	Q <sub>(0)</sub>	
BAM	M			2,06				2,06
	P			3,26				3,26
	PP			1,04				1,04
MET	PP					0,14	0,22	0,36
MRJ	P			0,39				0,39
	PP			0,94				0,94
NE	P	2,31		1,54	0,50			4,35
	PP	0,72		1,06		0,20	0,22	2,19
SE	GG	19,38		4,82				24,19
	G	10,19		4,93	1,83			16,95
	M	7,68		6,78	1,00	1,43		16,90
	P	2,19	0,42	2,96	3,44			9,01
SW	GG			3,45				3,45
	G	2,70		2,97				5,66
	M	4,11		1,73				5,83
	P			3,11				3,11
	PP			0,29				0,29
Total		49,26	0,42	41,33	6,78	1,76	0,45	100

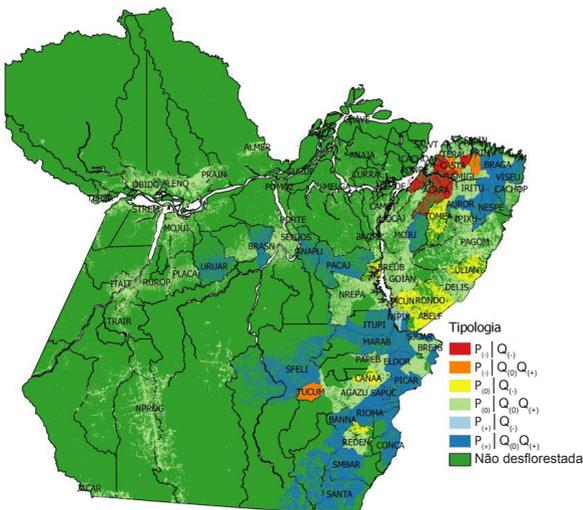
[P] áreas de pastagem; [Q] qualidade das pastagens; (+) incremento; (0) manutenção; (-) redução; [BAM] Baixo Amazonas paraense, [MET] Metropolitana de Belém, [MRJ] Marajó, [NE] Nordeste Paraense, [SE] Sudeste Paraense e [SW] Sudoeste Paraense.

Uma segmentação na cadeia foi expressa por Arima et al. (2005), com base no uso de eixos rodoviários: {BR-010} » Castanhal e Paragominas, representando subpolos pecuários nas mesorregiões MET e início da SE; {PA-150} » Marabá, Xinguara, Redenção, Santana do Araguaia e Conceição do Araguaia, representando o grande polo pecuário totalmente localizado na mesorregião SE; {BR-230} » Altamira, representando o subpolo pecuário na mesorregião SW.

Esses mesmos eixos apresentavam distinção quanto a seus mercados destinatários, em que, além dos mercados locais, o eixo {BR-010} destina-se ao abastecimento da capital Belém e de outras regiões do Brasil, como Nordeste; o eixo {PA-150} destina-se ao abastecimento da capital Belém e

de outras regiões do Brasil, como Nordeste e Sudeste, e o eixo {BR-230}, o abastecimento do estado do Amapá (Arima et al., 2005).

Buscando sintetizar a dinâmica da categoria pastagens no estado do Pará, teria-se como representação global um fracionamento do rebanho em que: ( $w_{(+)}$ ) 49% encontra-se em municípios que apresentaram incremento em área e orientação positiva para a qualidade das pastagens; ( $w_{(0)}$ ) 41% em municípios que apresentaram estabilidade em área e orientação positiva para a qualidade das pastagens e ( $w_{(-)}$ ) 9% em municípios que apresentaram redução em área ou orientação negativa quanto à qualidade das pastagens (Figura 4). Entretanto, observou-se diferentes padrões entre as mesorregiões, a saber:  $\delta_{[++]}$  concentração de rebanho em municípios com incremento em área e qualidade de pastagens, representado pela mesorregião [SE] ( $w_{(+)}$ : 39%,  $w_{(0)}$ : 19%,  $w_{(-)}$ : 8%);  $\delta_{[+-]}$  balanceamento da concentração de rebanho em municípios com incremento e/ou estabilidade em área e qualidade de pastagens, representado pela mesorregião [SW] ( $w_{(+)}$ : 7%,  $w_{(0)}$ : 12%,  $w_{(-)}$ : 0%);  $\delta_{[-]}$  concentração de rebanho em municípios com estabilidade em área e qualidade de pastagens, representado pelas mesorregiões [BAM] ( $w_{(+)}$ : 0%,  $w_{(0)}$ : 6,4%,  $w_{(-)}$ : 0%), [NE] ( $w_{(+)}$ : 3%,  $w_{(0)}$ : 2,6%,  $w_{(-)}$ : 0,9%) e [MRJ] ( $w_{(+)}$ : 0%,  $w_{(0)}$ : 1,3%,  $w_{(-)}$ : 0%) e  $\delta_{[-]}$  concentração do rebanho em municípios com redução e/ou estabilidade em área e qualidade e pastagens, representado pela mesorregião [MET] ( $w_{(+)}$ : 0%,  $w_{(0)}$ : 0%,  $w_{(-)}$ : 0,4%) (Tabela 4).



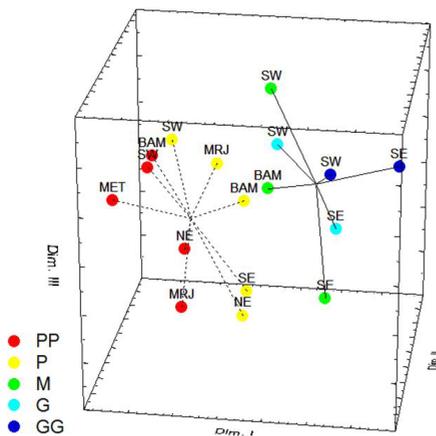
**Figura 4.** Tipologia da dinâmica das áreas e qualidade das pastagens (2004–2014).

[P] áreas de pastagem; [Q] qualidade das pastagens; (+) incremento; (0) manutenção; (-) redução.

Diferenças marcantes já podem ser assinaladas nos polos pecuários, com especial referência à microrregião SE, que anteriormente era marcada por uma maior extensividade da atividade pecuária e conflitos fundiários (Simmons et al., 2007; Ludewigs et al., 2009) e que atualmente encontra-se em um processo de intensificação com reflexos na dinâmica do uso e cobertura da terra, mediante sua própria evolução e consolidação (Pacheco, 2009; Navegantes-Alves et al., 2012).

Ao determinar-se a distinção de padrões entre as mesorregiões, inferiu-se sobre o efeito da tipificação do tamanho de rebanhos municipais associados a cada uma das mesorregiões. Desse modo, conduziu-se uma análise de escala multidimensional (*multidimensional scalling* – MDS) com o objetivo de avaliar a estrutura de afinidade entre as diferentes concatenações entre mesorregião e tipificação de tamanho de rebanho, considerando-se a fração de rebanho estadual contida em cada uma dessas concatenações, as quais foram observadas nos diferentes padrões de dinâmica de área e qualidade das pastagens, como observado na Tabela 4.

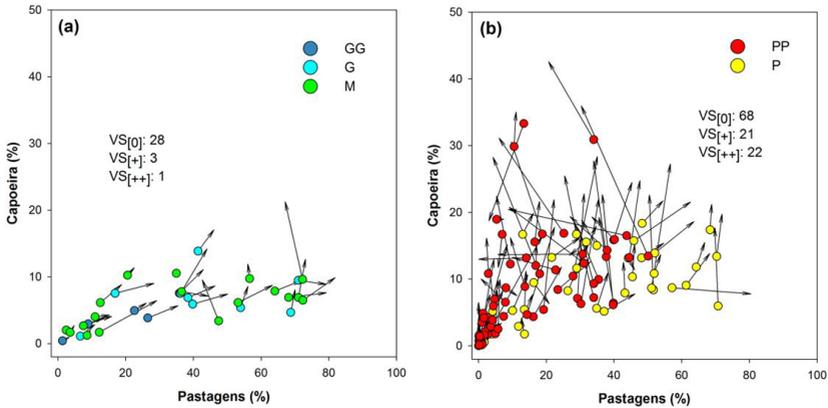
A matriz de similaridade foi testada quanto aos efeitos de mesorregião (ANOSIM  $\rho = -0,041$ ;  $p < 0,60$ ) e tipificação de tamanho de rebanho (ANOSIM  $\rho = -0,531$ ;  $p < 0,01$ ), de modo que somente o segundo efeito foi altamente significativo. Contrastes entre os níveis de tipificação de tamanho de rebanho indicaram uma segmentação entre os níveis {M, G, GG} e {PP e P} (Figura 5). Todas as mesorregiões, dada a segmentação {M, G, GG} e {PP, P}, apresentaram distância considerável entre si, à exceção da mesorregião [BAM], onde um maior grau de similaridade foi assinalado (Figura 5 e Tabela 3) nas tipificações {M} e {P}.



**Figura 5.** Topologia de afinidade entre as tipificações de tamanho de rebanho nas mesorregiões, a partir de análise de escala multidimensional (MDS), com base nos percentuais de rebanho estadual, em função da dinâmica de áreas e qualidade de pastagens.

A estratificação observada, proveniente da segmentação em classes de tamanho de rebanho, vem corroborar a noção de que a integração gradual a mercados e os contextos associados a políticas flutuantes tomam papel decisivo no desenvolvimento da pecuária da região amazônica (Pacheco; Pocard-Chapuis, 2012), especialmente o primeiro caso. Desse modo, tem-se como expressão sobre a dinâmica de expansão e qualificação das pastagens esse efeito integrativo. Esse efeito, segundo os mesmos autores, poderia ser mediado por quatro fases, que não atuam de modo isolado entre si, podendo ocorrer de maneira concomitante e resguardando vias complexas de influência sobre a expansão da pecuária e os usos e coberturas da terra associados. As fases sugeridas por Pacheco e Pocard-Chapuis (2012) seriam: (i) incremento do investimento em instalações para processamento de carne e leite próximas às zonas de produção; (ii) melhora gradual dos sistemas de manejo dos sistemas pecuários, com persistência de um caráter expansivo da pecuária; (iii) fragmentação e concentração simultânea de propriedades; (iv) adoção generalizada da pecuária por pequenos produtores. Comportamento semelhante, em que uma maior intensificação da pecuária atua de maneira positiva nas dinâmicas de uso e cobertura da terra, foram assinalados em Fontes e Palmer (2017) e Takasaki (2007), ressaltando-se a redução de pressão de desflorestamento e conservação dos recursos florestais no entorno, como principais emergências desse processo.

Adotando-se a segmentação das tipificações de tamanho de rebanho foi possível determinar características distintas, tanto com relação à dinâmica das pastagens (expressas anteriormente), quanto com relação à dinâmica das capoeiras. O segmento {M, G, GG} apresentou, em sua totalidade, valores de áreas municipais na classe vegetação secundária inferiores ou equivalentes a um patamar de 20% (Figura 6A), ao longo do intervalo observado (2004→2014). Ressalta-se que, mesmo com um incremento elevado na classe Vegetação Secundária, essa segmentação apresentou valores inferiores aos observados na maioria dos municípios pertencentes à segmentação {PP, P} (Figura 6B).



**Figura 6.** Disposição dos valores relativos de áreas de município na categoria pastagens e na classe Vegetação Secundária, em função da segmentação de tamanho de rebanho: (a) GG, G, M e (b) P, PP.

Em todos os municípios, à exceção de [MET] Santa Bárbara do Pará, que apresentou redução, foi assinalado aumento ou estabilidade nas áreas de Vegetação Secundária. A maioria dos municípios (94 municípios) apresentou estabilidade ( $VS_{[0]}$ ), enquanto uma segmentação de aumento  $VS_{[+]}$  (24 municípios) e  $VS_{[++]}$  (23 municípios) respondeu pelo restante dos municípios do estado. Mantendo-se a segmentação baseada na tipificação do tamanho do rebanho, tem-se um menor número de municípios com incremento nas áreas de Vegetação Secundária (4:32 municípios) no segmento {GG, G, M}, ao comparar-se 43:111 municípios com o segmento {P, PP} (Figura 6).

Em condições de abandono de pastagens, ou de ocorrência de sucessivos processos de degradação, acarreta-se o surgimento de espécies adventícias que reduzem a capacidade produtiva das pastagens, podendo em caso extremo haver o restabelecimento de Vegetação Secundária (Veiga; Tourrand, 2001; Dias-Filho, 2015). Não somente as pastagens degradadas são as responsáveis pela destinação da mudança da categoria pastagem para classe Vegetação Secundária, mas ressalta-se que essa condição de menor intensificação pecuária carrega em si características das trajetórias empregadas no nível das propriedades (Navegantes-Alves et al., 2012).

Avaliando-se a demanda de recuperação de pastagens e área de Vegetação Secundária nos municípios, propõe-se faixas de demanda de recuperação



Avaliando-se as combinações de faixas e considerando o elevado custo de recuperação e o muito mais elevado custo de reincorporação, no caso da Vegetação Secundária, tem-se como orientação que a recuperação das pastagens é o mais recomendável, com ênfase nos padrões ( $\alpha$ ), ( $\beta$ ) e ( $\gamma$ ), especialmente os dois primeiros, que representam uma área acumulada de cerca de  $8,4 \times 10^3 \text{ km}^2$ , a qual poderia ser recuperada por meio de sistemas mistos ou integrados, como é o caso da integração lavoura:pecuária:floresta (Macedo; Araújo, 2012).

## Conclusão

A diversificação da legenda, representada nas classes fornecidas pelo TerraClass, pode ser substituída, no caso de estudos de dinâmica de uso e cobertura da terra por categorias, especialmente as relativas às classes de pecuária e sua qualificação sob a forma de indicadores-síntese, especialmente quando associado à interpretação de dados da classe Vegetação Secundária.

A pecuária no estado do Pará encontra-se em expansão moderada, mas com expressiva qualificação de pastagens, em que a grande maioria do rebanho está situado em municípios com esse perfil.

Polos pecuários já consolidados apresentam uma menor necessidade de recuperação de pastagens, padrão oposto a regiões de menor especialização em pecuária, onde a expansão de Vegetação Secundária amplia demasiadamente o custo de reincorporação dessas áreas. Corrobora-se o efeito positivo da intensificação da pecuária, provavelmente associado à integração gradual a mercados estabelecidos.

No caso da reincorporação de áreas ao processo produtivo, visto o elevado custo de implementação e a magnitude das áreas a serem reincorporadas, deve-se seguir a orientação de priorizar as áreas de pastagens a recuperar, podendo buscar alternativas em sistemas mistos, com a integração lavoura:pecuária:floresta.

## Referências

AGUIAR, A. P. D. de; VIEIRA, I. C. G.; ASSIS, T. O.; DALLA-NORA, E. L.; TOLEDO, P. M.; SANTOS-JUNIOR, R. A. O.; BATISTELLA, M.; COELHO, A. S.; SAVAGET, E. K.; ARAGÃO, L. E. O. C.; NOBRE, C. A.; OMETTO, J. P. H. Land use change emission scenarios: Anticipating a forest transition process in the Brazilian Amazon. **Global Change Biology**, v. 22, n. 5, p. 1821-1840, 2016.

AGUIAR, A. P. D. de; CÂMARA, G.; ESCADA, M. I. S. Spatial statistical analysis of land-use determinants in the Brazilian Amazonia : Exploring intra-regional heterogeneity. **Ecological Modelling**, v. 9, n. 209, p. 169-188, 2007.

ALMEIDA, C. A.; VALERIANO, D. M.; ESCADA, M. I. S.; RENNÓ, C. D. Estimativa de área de vegetação secundária na Amazônia Legal Brasileira. **Acta Amazonica**, v. 40, n. 2, p. 289-302, 2010.

ALMEIDA, C.; SILVA, M.; LOBO, F. de L.; FARIAS, T. P.; GOMES, A.; COSTA, L. C.; ESCADA, M. I. S. TerraClass: Classificação dos padrões de uso e cobertura da terra da Amazônia Legal. In: EMILIO, T.; LUIZÃO, F. (ed.). **Cenários para a Amazônia**: Clima, Biodiversidade e Uso da Terra. Manaus: Editora INPA, 2014. p. 137-147.

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.

ARIMA, E. Y.; BARRETO, P.; BRITO, M. **Pecuária na Amazônia**: tendências e implicações para a conservação ambiental. Belém, PA: IMAZON, 2005.

CÂMARA, G.; VALERIANO, D. D. M.; SOARES, J. V. **Metodologia para o cálculo da taxa anual de desmatamento na Amazônia Legal**. São José dos Campos: INPE, 2006.

COUTINHO, A. C.; ALMEIDA, C.; VENTURIERI, A.; ESQUERDO, J. C. D. M.; SILVA, M. **Uso e cobertura da terra nas áreas desflorestadas da Amazônia Legal**: TerraClass 2008. Brasília, DF: Embrapa, 2013. 107 p.

DIAS-FILHO, M. B. **Degradação de pastagens**: processos, causas e estratégias de recuperação. [S.l.], 2015.

DIAS, L. C. P.; PIMENTA, F. M.; SANTOS, A. B.; COSTA, M. H.; LADLE, R. J. Patterns of land use, extensification, and intensification of Brazilian agriculture. **Global Change Biology**, v. 22, n. 8, p. 2887-2903, 2016.

FABRIGAR, L. R.; WEGENER, D. T. **Exploratory Factor Analysis**. [S.l.]: Oxford University Press, 2011.

FEARNSIDE, P. M. Deforestation in Brazilian Amazonia: the effect of population and land tenure. **Ambio**, v. 22, n. 8, p. 537-545, 1993.

FEARNSIDE, P. M. Desmatamento na Amazônia brasileira: história, índices e conseqüências. **Megadiversidade**, v. 1, n. 4, p. 113-123, 2005.

FEARNSIDE, P. M. Desmatamento na Amazônia: dinâmica, impactos e controle. **Acta Amazonica**, v. 36, n. 3, p. 395-400, 2006.

FONTES, F.; PALMER, C. **Was von Thünen right?** Cattle intensification and deforestation in Brazil. [S.l.]: The Grantham Research Institute on Climate Change and the Environment: Centre for Climate Change Economics and Policy, 2017. 52 p. (Centre for Climate Change Economics and Policy. Working Paper No. 294; Grantham Research Institute on Climate Change and the Environment. Working Paper No. 261).

GARCIA, R. A.; SOARES-FILHO, B. S.; SAWYER, D. O. Socioeconomic dimensions, migration, and deforestation: An integrated model of territorial organization for the Brazilian Amazon. **Ecological Indicators**, v. 7, n. 3, p. 719-730, 2007.

GRIBB, W. J.; CZERNIAK, R. J. Land Use/Land Cover classification systems and their relationship to land planning. In: AHLQVIST, O.; VARANKA, D.; FRITZ, S.; JANOWICZ, K. (ed.). **Land use and land cover semantics: principles, best practices and prospects**. New York: CRC Press, 2016. p. 1-19.

HUERTAS, D. M. **Da Fachada Atlântica ao âmago da Hileia:** Integração Nacional e fluidez territorial no processo de expansão de fronteira agrícola. São Paulo: Annablume: FAPESP, 2007.

IBGE. **Áreas Territoriais**. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/organizacao-do-territorio/estrutura-territorial/15761-areas-dos-municipios.html?=&t=acesso-ao-produto>. Acesso em: 22 fev. 2022.

IBGE. **Censo Demográfico 2010**. Disponível em: <http://censo2010.ibge.gov.br/>. Acesso em: 26 abr. 2019b.

IBGE. **Sistema IBGE de Recuperação Automática - SIDRA**. Disponível em: <http://www.sidra.ibge.gov.br/>. Acesso em: 26 abr. 2019a.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS (Brasil). **Taxas anuais do desmatamento: 1988 até 2016 (PRODES)**. 2017. Disponível em: [http://www.obt.inpe.br/prodes/prodes\\_1988\\_2016n.htm](http://www.obt.inpe.br/prodes/prodes_1988_2016n.htm). Acesso em: 26 abr. 2019.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS (Brasil). **Projeto TerraClass 2014**. Disponível em: [http://www.inpe.br/cra/projetos\\_pesquisas/terraclass2014.php](http://www.inpe.br/cra/projetos_pesquisas/terraclass2014.php). Acesso em: 22 fev. 2022.

JOHNSON, R. A.; WICHERN, D. W. **Applied Multivariate Analysis**. 6. ed. New York: Pearson, 2007.

LAUSCH, A.; BLASCHKE, T.; HAASE, D.; HERZOG, F.; SYRBE, R.-U.; TISCHENDORF, L.; WALZ, U. Understanding and quantifying landscape structure – A review on relevant process characteristics, data models and landscape metrics. **Ecological Modelling**, v. 295, p. 31-41, 2015.

LE TOURNEAU, F.-M. Is Brazil now in control of deforestation in the Amazon? **Cybergeo**: European Journal of Geography, Article 769, 27 jan. 2016.

LORENA, R. B.; LAMBIN, E. F. The spatial dynamics of deforestation and agent use in the Amazon. **Applied Geography**, v. 29, n. 2, p. 171-181, 2009.

LUDEWIGS, T.; D'ANTONA, A. de O.; BRONDÍZIO, E. S.; HETRICK, S. Agrarian Structure and Land-cover Change Along the Lifespan of Three Colonization Areas in the Brazilian Amazon. **World Development**, v. 37, n. 8, p. 1348-1359, 2009.

MACEDO, M. C. M.; ARAÚJO, A. R. de. Sistemas de integração lavoura-pecuária: alternativas para recuperação de pastagens degradadas. In: BUNGENSTAB, D. J. (ed.). **Sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta: a produção sustentável**. 2. ed. Brasília, DF: Embrapa, 2012. p. 27-48.

MARGULIS, S. **Causes of deforestation of the Brazilian Amazon**. [S.l.]: World Bank, 2004.

MELLO-THÉRY, N. A. **Território e Gestão Ambiental na Amazônia: terras públicas e os dilemas do Estado**. São Paulo: Annablume: FAPESP, 2011.

MENDONÇA, M. J.; LOUREIRO, P. R. A.; SACHSIDA, A. The dynamics of land-use in Brazilian Amazon. **Ecological Economics**, v. 84, p. 23-36, 2012.

MERTENS, B.; POCCARD-CHAPUIS, R.; PIKETTY, M.-G.; LACQUES, A.-E.; VENTURIERI, A. Crossing spatial analyses and livestock economics to understand deforestation processes in the Brazilian Amazon the case of Sao Felix do Xingu in South Pará. **Agricultural Economics**, v. 27, n. 3, p. 269-294, 2002.

NAVEGANTES-ALVES, L.; POCCARD-CHAPUIS, R.; FERREIRA, L. A.; MOULIN, C.-H. Transformações nas práticas de criação de bovinos mediante a evolução da fronteira agrária no sudeste do Pará. **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, v. 29, n. 1, p. 243-268, 2012.

PACHECO, P. Agrarian change, cattle ranching and deforestation: Assessing their linkages in southern Pará. **Environment and History**, v. 15, n. 4, p. 493-520, 2009.

PACHECO, P.; POCCARD-CHAPUIS, R. The Complex Evolution of Cattle Ranching Development Amid Market Integration and Policy Shifts in the Brazilian Amazon. **Annals of the Association of American Geographers**, v. 102, n. 6, p. 1366-1390, 2012.

PIKETTY, M.-G.; VEIGA, J. B. da; TOURRAND, J. F.; ALVES, A. M. N.; POCCARD-CHAPUIS, R.; THALES, M. Determinantes da expansão da pecuária na Amazônia oriental: consequências para as políticas públicas. **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, v. 22, n. 1, p. 221-234, 2005.

POCCARD-CHAPUIS, R.; THALÉS, M.; VENTURIERI, A.; PIKETTY, M.-G.; MERTENS, B.; VEIGA, J. B. da; TOURRAND, J.-F. A cadeia produtiva da carne: uma ferramenta para monitorar as dinâmicas nas frentes pioneiras na Amazônia brasileira. **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, v. 22, n. 1, p. 125-138, 2005.

PRATES, R. C. **O desmatamento desigual na Amazônia brasileira: sua evolução, suas causas e consequências sobre o bem-estar**. [Piracicaba]: Escola Superior de Agricultura Luis de Queiroz, 2008.

PRATES, R. C.; BACHA, C. J. C. Análise da relação entre desmatamento e bem-estar da população da Amazônia Legal. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 48, n. 1, p. 165-193, 2010.

ROSA, I. M. D.; SOUZA, C.; EWERS, R. M. Changes in Size of Deforested Patches in the Brazilian Amazon. **Conservation Biology**, v. 26, n. 5, p. 932-937, 2012.

SIMMONS, C. S.; WALKER, R. T.; ARIMA, E. Y.; ALDRICH, S. P.; CALDAS, M. M. The amazon land war in the south of Pará. **Annals of the Association of American Geographers**, v. 97, n. 3, p. 567-592, set. 2007.

SIMOVA, P.; GDULOVA, K. Landscape indices behavior: A review of scale effects. **Applied Geography**, v. 34, p. 385-394, 2012.

SOARES-FILHO, B.; MOUTINHO, P.; NEPSTAD, D.; ANDERSON, A.; RODRIGUES, H.; GARCIA, R.; DIETZSCH, L.; MERRY, F.; BOWMAN, M.; HISSA, L.; SILVESTRINI, R.; MARETTI, C. Role of Brazilian Amazon protected areas in climate change mitigation. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA**, v. 107, n. 24, p. 10821-10826, 2010.

SOARES-FILHO, B. S.; NEPSTAD, D. C.; CURRAN, L. M.; CERQUEIRA, G. C.; GARCIA, R. A.; RAMOS, C. A.; VOLL, E.; McDONALD, A.; LEFEBVRE, P.; SCHLESINGER, P. Modelling conservation in the Amazon basin. **Nature**, v. 440, n. 7083, p. 520-523, 2006.

SOUZA FILHO, P. W. M. e; PARADELLA, W. R.; SOUZA JÚNIOR, C.; VALERIANO, D. de M.; MIRANDA, F. P. de. Sensoriamento remoto e recursos naturais da amazônia. **Ciência e Cultura**, v. 58, n. 3, p. 37-41, 2006.

TAKASAKI, Y. Dynamic household models of forest clearing under distinct land and labor market institutions: can agricultural policies reduce tropical deforestation? **Environment and Development Economics**, v. 12, n. 3, p. 423, 2007.

TURNER, B. L.; LAMBIN, E. F.; REENBERG, A. The emergence of land change science for global environmental change and sustainability. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 104, n. 52, p. 20666-20671, 2007.

VALERIANO, D. de M.; ESCADA, M. I. S.; CÂMARA, G.; AMARAL, S.; MAURANO, L. E.; RENNÓ, C. D.; ALMEIDA, C.; MONTEIRO, A. M. V. Dimensões do Desmatamento na Amazônia Brasileira. In: MARTINE, G. (ed.). **População e Sustentabilidade na era das mudanças ambientais globais**: Contribuições para uma agenda brasileira. Belo Horizonte: ABEP, 2012. p. 223-238.

VEIGA, J. B. da; TOURRAND, J.-F. **Pastagens Cultivadas na Amazônia Brasileira**: situação atual e perspectivas. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2001. 36 p. (Embrapa Amazônia Oriental. Documentos, 83).

VEIGA, J. B. da; TOURRAND, J. F.; PIKETTY, M. G.; POCCARD-CHAPUIS, R.; ALVES, A. M.; THALES, M. C. **Expansão e trajetórias da pecuária na Amazônia**: Pará, Brasil. Brasília, DF: Editora da UNB, 2004. 161 p.



Acesse

VELDKAMP, A.; LAMBIN, E. F. Predicting land-use change. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 85, n. 1-3, p. 1-6, 2001.

VIEIRA, I. C. G.; ALMEIDA, A. S. de; DAVIDSON, E. A.; STONE, T. A.; CARVALHO, C. J. R. de; GUERRERO, J. B. Classifying successional forests using Landsat spectral properties and ecological characteristics in eastern Amazon. **Remote Sensing of Environment**, v. 87, n. 4, p. 470-481, 2003.

WANDELLI, E. V.; FEARNSIDE, P. M. Secondary vegetation in central Amazonia: Land-use history effects on aboveground biomass. **Forest Ecology and Management**, v. 347, p. 140-148, 2015.

WOOD, C. H.; PORRO, R. (ed.). **Deforestation and Land Use in the Amazon**. Gainesville: University Press of Florida, 2002.