

APROPRIAÇÃO DE TERRAS PÚBLICAS, INTENSIFICAÇÃO QUÍMICA DA PRODUÇÃO E ALTERNATIVAS BIOECONÔMICAS NO AGRÁRIO AMAZÔNICO: O Caso da Região de Carajás

<http://dx.doi.org/10.21527/2237-6453.2025.63.17003>

Submetido em: 23/2/2025

Aceito em: 8/8/2025

Publicado em: 22/10/2025

Maurílio de Abreu Monteiro¹

RESUMO

Este estudo caracteriza as rápidas mudanças na estrutura da economia agrária da região de Carajás, evidenciando como tais transformações incidem nas relações entre agentes econômicos, instituições, usos da terra e nos impactos ambientais associados. A metodologia, fundamentada em análises estatísticas e dados dos Censos Agropecuários de 1995/96, 2006 e 2017, possibilitou identificar trajetórias produtivas diferenciadas, organizadas entre segmentos patronais e camponeses, destacando a predominância da pecuária bovina, a emergência de cultivos de grãos e a conversão de terras públicas em áreas privadas de produção. Entre os resultados, destaca-se o papel central da intensificação do uso de insumos químicos, especialmente fertilizantes nitrogenados, como motor do aumento da produtividade monetária da terra (PTR). Essa intensificação, porém, está relacionada à maior geração de emissões de óxido nitroso (N₂O) – gás de efeito estufa com potencial de aquecimento global centenas de vezes superior ao do dióxido de carbono (CO₂) – reforçando a contribuição da produção regional para o aquecimento global. Por fim, as conclusões ampliadas mostram que romper com esse padrão exige políticas que limitem a apropriação de terras públicas, estimulem o uso de bioinsumos e incentivem alternativas tecnológicas baseadas na biodiversidade amazônica, capazes de diversificar e tornar mais sustentável a produção agrária.

Palavras-chave: Amazônia; Carajás; economia agrária; trajetórias tecnológicas.

APPROPRIATION OF PUBLIC LANDS, CHEMICAL INTENSIFICATION OF PRODUCTION AND BIOECONOMIC ALTERNATIVES IN THE AMAZONIAN AGRARIAN SECTOR: THE CASE OF THE CARAJÁS REGION

ABSTRACT

This study characterizes the rapid changes in the agrarian economy structure of the Carajás region, highlighting how these transformations affect the relationships among economic agents, institutions, land use patterns, and the associated environmental impacts. The methodology, based on statistical analyses and data from the Agricultural Censuses of 1995/96, 2006, and 2017, made it possible to identify distinct productive trajectories, organized between large-scale and peasant segments, with emphasis on the predominance of cattle ranching, the emergence of grain crops, and the conversion of public lands into private areas for production. Among the results, the central role of the intensification of chemical input use – especially nitrogen fertilizers – stands out as a driving force for increasing land monetary productivity (PTR). However, this intensification is directly related to higher emissions of nitrous oxide (N₂O) – a greenhouse gas with a global warming potential hundreds of times greater than that of carbon dioxide (CO₂) – reinforcing the contribution of regional production to global warming. Finally, the expanded conclusions indicate that breaking with this pattern requires policies that limit the appropriation of public lands, promote the use of bio-inputs, and encourage technological alternatives based on Amazonian biodiversity, capable of diversifying and making agrarian production more sustainable.

Keywords: Amazon; Carajás; agrarian economy; technological trajectories.

¹ Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará – Unifesspa. Marabá/PA, Brasil. <https://orcid.org/0000-0002-0494-1751>

INTRODUÇÃO

As dinâmicas da conformação do agrário amazônico envolvem aspectos ecológicos, históricos, geográficos e sociais muito diversos. Na região de Carajás (Monteiro; Silva, 2021) reflexões acerca dos conflitos, tensões e disputas relativas à conformação regional do agrário, sobretudo na última metade do século 20, encontram-se registradas em vários trabalhos (por exemplo, Assis, 2007; Emmi, 1999; Emmi *et al.*, 1987; Hall, 1991; Hébette *et al.*, 2004; Martins, 1995 e Michelotti, 2019).

Como resultado dessas dinâmicas desenhou-se regionalmente um agrário heterogêneo e tenso no qual convivem os diferentes agentes que interagem entre si, com o meio ambiente natural diverso e com um ambiente institucional que organiza políticas em relação à posse da terra, ao apoio à ampliação da produção, ao acesso ao crédito agrícola, à assistência técnica, etc. As diferenças que impulsionam as formas de produção dessemelhantes, por sua vez, estruturam as dinâmicas produtivas revestidas por diferenciados níveis de resiliência e equidade na distribuição do produto social, desencadeando impactos ambientais distintos e comportando expectativas de sustentabilidade ambiental igualmente descoincidentes.

O objetivo deste texto é expor as rápidas mudanças na estrutura da economia agrária da região de Carajás, apresentando a forma com que elas incidem tanto nas relações entre agentes econômicos, instituições e usos da terra quanto nas formas de interação com o ambiente natural e nas perspectivas do desenvolvimento regional. Essa caracterização e indicação das aceleradas e correntes mudanças na estrutura do agrário da região de Carajás são, então, apresentadas neste capítulo a partir de leitura dos aspectos de sua economia.

DIVERSIDADE ESTRUTURAL E TRAJETÓRIAS TECNOLÓGICAS NO AGRÁRIO

A caracterização das mudanças nas relações entre os agentes econômicos, as instituições e os usos da terra na região de Carajás, é feita tomando como base as indicações metodológicas de Costa (2009, 2012, 2021), que apresenta a construção de uma análise alternativa partindo da consideração da existência de uma diversidade de agentes e de estruturas no agrário, apontando estratégias para delinear trajetórias tecnológicas ou produtivas guiadas pelo paradigma tecnológico dominante.

Assim, a análise da economia agrária se alicerça na existência de especificidades, de razões e de fundamentos distintos que consubstanciam os processos decisórios dos agentes, e disto resulta a presença de racionalidades particulares e modos de produção distintos no agrário, uma vez que os agentes se particularizam ao terem finalidades peculiares e por recorrerem a meios igualmente diferentes para alcançá-las. Dessas especificidades surgem relações sociais singulares que afiguram nexos técnicos específicos sustentados por bases naturais e institucionais dessemelhantes. Há, portanto, que se falar em agentes camponeses e patronais. O primeiro grupo é singularizado pela centralidade da família e seu trabalho, e o segundo pela dependência do trabalho assalariado.

Os estabelecimentos camponeses têm o fundamento de seus padrões decisórios na família, tanto em relação à alocação da força de trabalho quanto à organização das necessidades de consumo e de investimento (Costa, 1995). Já os patronais, por terem sua produção baseada

no trabalho assalariado, têm como referência a “eficiência marginal do capital” (Keynes, 1982, p. 135), que, no presente, se denomina mais comumente como a taxa interna de retorno. Por mais que haja uma singularização dos processos decisórios tanto dos camponeses quanto dos patronais, é “fundamental compreender a socialização do específico” (Costa, 1995, p. 93), posto que essas especificidades envolvem a organização de combinações próprias das disponibilidades derivadas não apenas de dinâmicas de mercado, mas de diversas outras mediações das quais resultam as múltiplas formas de combinações produtivas.

A construção da análise relativa à economia agrária da região é referenciada nessa diferenciação entre os agentes econômicos supracitados. Isto posto, ela avança mediante a identificação de trajetórias produtivas que matizam esses dois conjuntos de agentes. Trata-se de um esforço analítico baseado na compreensão de que as decisões destes agentes são tomadas cotidianamente em relação à condução dos processos produtivos mediante a combinação de aprendizado, conhecimentos tácitos e das dotações de recursos institucionais e naturais de que eles dispõem.

Desse processo sucessivo de escolhas são gestadas as trajetórias produtivas, uma vez que essas escolhas são feitas a partir de experiências bem-sucedidas do passado (Arthur; Arrow, 1994; Baumol; Quandt, 1964) e incidem sobre as alternativas existentes nas cercanias da base tecnológica com a qual já estão acostumados, ou seja, do paradigma tecnológico ao qual se encontram vinculados. Por conseguinte, as decisões desses agentes não abarcam todo o conjunto de possibilidades que englobam os caminhos oferecidos por um outro paradigma tecnológico (Dosi, 1982). Nesses termos, pode-se afirmar que uma trajetória tecnológica é “um conjunto com possíveis direções tecnológicas cujas fronteiras externas são definidas pela própria natureza do paradigma” (Dosi, 1982, p. 154); contexto analítico no qual a trajetória produtiva é tomada “como uma unidade de análise em nível mesossistêmico, que se situa entre a dimensão micro dos estabelecimentos rurais e a economia agrária regional como um todo” (Costa, 2021, p. 416, tradução nossa).

É a partir da distinção entre os agentes e as estruturas, assim como da identificação de trajetórias tecnológicas presentes na produção rural, que se oferece a presente interpretação acerca da economia agrária da região de Carajás.

ESTRATÉGIA PARA A DELIMITAÇÃO DAS TRAJETÓRIAS TECNOLÓGICAS

Para delimitar as trajetórias tecnológicas do agrário de Carajás foram utilizados os dados dos Censos Agropecuários de 1995/96, 2007 e 2017 (IBGE, 1998, 2009, 2019), desagregados por forma de produção, município e grupos de área total. Uma vez organizadas as bases de dados, disponíveis em Monteiro e Silva (2023a,b), utilizou-se a metodologia desenvolvida por Costa (2009, 2012, 2021) para a delimitação das trajetórias envolvendo quatro etapas. A primeira recorre à análise multivariada dos dados mediante o manuseio de técnicas de regressão linear. Neste estágio são coletadas as variáveis que identificam os valores de produtos ou grupos de produtos, renda e investimento nos termos apresentados na Tabela 1. Tendo por base essas variáveis, foram elaboradas seis equações de regressão múltipla pela origem para cada um dos anos dos Censos Agropecuários: três funções para a produção patronal e outras três para a camponesa.

Após os produtos ou seus grupos serem qualificados separadamente, permitindo preencher as distinções referentes à relevância, à rentabilidade e à capacidade de mobilizar investimentos, recorre-se a outra técnica de análise multivariada de dados na segunda etapa, com o objetivo de distinguir o nível de interdependência ou competição entre os produtos ou grupos de produtos por meio do exame das estruturas de correlações entre eles, utilizando uma análise fatorial.

Os dados encontrados denotam padrões de relacionamento entre os grupos de produtos com o potencial de sinalizar a existência de trajetórias singulares, as cargas fatoriais de cada um dos produtos ou seus grupos, que indicam o sentido e a dimensão de como cada grupo compõe o fator, e a proporção da variância total que explicita a relevância empírica do fator (Costa, 2012, p. 142 *passim*), permitindo, assim, que sejam inferidas as relações que caracterizam interdependência ou competição entre os produtos ou grupos de produtos, as configurações subjacentes a cada um deles e como essas combinações são impactadas pela mediação de instituições. Desta forma, conclui-se a terceira etapa, na qual as estruturas fatoriais resultantes são comparadas com os atributos dos diferentes agregados de produtos “e submetidos *pari passu* aos saberes disponíveis (científicos e tácitos), como testes que corroboram o significado histórico-estrutural e a precisão locacional, ou seja, que explicam sua posição em sistemas agrários tangíveis” (Costa, 2021, p. 421, tradução nossa).

Em seguida, o foco dirige-se para a identificação das diferenças nos ritmos de expansão das trajetórias produtivas reveladas durante os períodos intercensitários, distinções estas que expõem a evolução em concorrência entre elas, uma vez que captam os resultados das interações que expressam a capacidade de expansão, transformando externalidades em rendimentos crescentes apropriados privadamente (Costa, 2012, p. 149).

Por fim, realizou-se uma quarta etapa com a finalidade de comparar a evolução do valor da produção do sistema agrário regional e das trajetórias produtivas em relação às variações de intensidade mecânica, química e de trabalho de cada uma delas. Para cumprir esse propósito, recorreu-se às variáveis que captam as alterações desses aspectos na produção agrária, e a escolha das mesmas baseou-se na indicação de Costa (2021, p. 422), para quem a “função de metaprodução”, cunhada por Hayami e Ruttan (1988), é útil para apreender tais particularidades das mudanças no processo de produção. Foram, então, criadas, com base nos dados dos Censos Agropecuários, as variáveis que expressam a igualdade entre o valor bruto da produção (VBP), codificada como Y_B , e o produto resultante da produtividade monetária da terra (PTR), multiplicada pela relação terra-trabalho (RTT) e pelo número de pessoas maiores de 14 anos ocupadas na produção (P_2). Em termos formais:

$$Y_B = PTR \times RTT \times P_2$$

A utilidade desta construção algébrica reside no fato de ela possibilitar, por um lado, a avaliação de comportamentos relativos à produtividade monetária do trabalho (PMT), identificando se o padrão de crescimento envolve rendimentos decrescentes, constantes ou crescentes, e, por outro, a identificação dos processos que sustentam a variação do valor da produção (Y_B) “como mais ou menos intensivo em trabalho ou terra, mais ou menos dependente da química, da mecânica e da ecologia botânica” (Costa, 2021, p. 423, tradução nossa), a partir das variações da produtividade monetária da terra (PTR) e da relação terra-trabalho (RTT).

Adicionalmente, foram incluídos dois outros indicadores: um índice de densidade institucional, IDI, destinado a inferir a expressão da diferenciação entre o ambiente institucional e as trajetórias produtivas, o que foi efetivado por meio de um *proxy* de densidade institucional baseado na proporção dos estabelecimentos que obtiveram financiamento e ponderada pela expressão do VBP; e outro indicador relativo à intensidade de pastejo do gado bovino, IP, resultante da razão entre o efetivo bovino e a área de pastagens nos estabelecimentos.

A efetivação da organização e do tratamento dos dados dos Censos Agropecuários, nos termos apresentados anteriormente, permitiu caracterizar a economia agrária da região de Carajás e indicar as mudanças em curso. Os principais achados decorrentes deste esforço são expostos nos itens a seguir.

A ECONOMIA AGRÁRIA DA REGIÃO DE CARAJÁS

O valor bruto da produção agropecuária (VBP) dos municípios brasileiros abrangidos pelo bioma Amazônia alcançou R\$ 105,26 bilhões em 2017 (IBGE, 2019), cifra essa que mais do que triplicou no intervalo de 21 anos, posto que havia atingido R\$ 29,33 bilhões em 1996 (IBGE, 1998) (todas as referências monetárias estão em valores de dezembro de 2022), representando um crescimento anual médio de 6,3%. O VBP agropecuário da região de Carajás correspondeu a 6,5% do VBP do bioma Amazônia em 2017, somando R\$ 6,73 bilhões. Nesse período, a expansão do VBP agrário de Carajás foi ligeiramente inferior ao registrado no bioma, contando com uma ampliação anual média de 5,4%, considerando-se que o VBP de Carajás foi de R\$ 2,23 bilhões em 1996. Nos períodos intercensitários esta área apresentou um crescimento levemente diferenciado: entre 1996 e 2006 a taxa média anual foi de 5,8%, e, no período subsequente, entre 2006 e 2017, essa taxa foi de 5% (Tabela 1).

O crescimento na economia agrária de Carajás foi acompanhado de mudanças na sua estrutura produtiva. A caracterização dessas mudanças foi feita, inicialmente, em um nível mais elevado de agregação dos dados, oportunizando uma aproximação geral das mudanças da economia agrária ao longo dos 21 anos abarcados pelos três Censos Agropecuários (1995/96, 2006 e 2017). Em seguida, essas informações foram apresentadas de forma desagregada para a produção tanto camponesa quanto patronal e para as trajetórias tecnológicas de cada uma dessas formas de produção.

Em 2017 aproximadamente 153 mil pessoas com mais de 14 anos encontravam-se ocupadas no agrário da região de Carajás; em 1996 elas totalizavam 121 mil (Tabela 2), assim houve um crescimento anual médio de 1,14%, ritmo mais intenso do que o registrado no bioma, quando o crescimento se processou a 0,42% a.a..

Tabela 1 – Evolução dos valores da produção agropecuária na região de Carajás em 1996, 2006 e 2017 – variáveis selecionadas (R\$ mil)

Código da variável	Ano			Variação anual média no período		
	1996	2006	2017	1996-2006	2006-2017	1996-2017
Y_i	3.088.975	5.447.371	7.868.354	5,8%	3,4%	4,6%
Y_B	2.231.040	3.927.946	6.730.383	5,8%	5,0%	5,4%
Y_t	1.297.330	1.676.281	4.032.684	2,6%	8,3%	5,5%
x_i	1.210.934	2.880.132	4.863.931	9,1%	4,9%	6,8%

x_2	315.099	364.178	653.065	1,5%	5,5%	3,5%
x_3	41.199	22.181	20.683	-6,0%	-0,6%	-3,2%
x_4	90.223	56.972	95.909	-4,5%	4,8%	0,3%
x_5	1.886	6.182	34.242	12,6%	16,8%	14,8%
x_6	21.544	25.123	27.669	1,5%	0,9%	1,2%
x_7	132.630	37.137	8.053	-12,0%	-13,0%	-12,5%
x_8	19.209	64.387	59.314	12,9%	-0,7%	5,5%
x_9	145.740	88.758	5.434	-4,8%	-22,4%	-14,5%
x_{10}	56.341	108.468	80.387	6,8%	-2,7%	1,7%
x_{11}	65.203	113.370	150.013	5,7%	2,6%	4,0%
x_{12}	177	6.082	481.514	42,4%	48,8%	45,7%
x_{13}	36.428	22.838	161.277	-4,6%	19,4%	7,3%
x_{14}	17	3.034	28.703	67,6%	22,7%	42,3%
x_{15}	36.673	31.246	9.331	-1,6%	-10,4%	-6,3%
x_{16}	8.666	18.178	50.853	7,7%	9,8%	8,8%
x_{17}	47.780	63.961	47.988	3,0%	-2,6%	0,0%
x_{18}	857.935	1.519.426	1.137.970	5,9%	-2,6%	1,4%

Notas ^a Y_1 = Valor de fontes e de investimentos; Y_B = Valor bruto da produção; Y_L = Valor da renda líquida; x_1 = Valor da prod. animal de grande porte, excluindo leite; x_2 = Valor da prod. de leite de vaca; x_3 = Valor da prod. animal de médio porte; x_4 = Valor da prod. de aves; x_5 = Valor da prod. de pequenos animais; x_6 = Valor da prod. de horticultura; x_7 = Valor da prod. de extração vegetal; x_8 = Valor da prod. de abacaxi; x_9 = Valor da prod. de arroz em casca; x_{10} = Valor da prod. de macaxeira; x_{11} = Valor da prod. de milho em grão; x_{12} = Valor da prod. de soja em grão; x_{13} = Valor da prod. das outras lav. temp.; x_{14} = Valor da prod. de açaí (fruto); x_{15} = Valor da prod. de banana; x_{16} = Valor da prod. de cacau (amêndoa); x_{17} = Valor da prod. das outras lav. perman.; e x_{18} = Valor dos investimentos. ^b Em valores de dezembro de 2022, corrigidos pelo IGP-M.

Fonte: IBGE (1998, 2009, 2019); Monteiro e Silva (2023a,b). Elaborada pelo autor.

O crescimento do número de estabelecimentos, de pessoas ocupadas e do VBP em Carajás foi sustentado tanto pela ampliação do estoque de terras dos estabelecimentos agropecuários quanto pela conversão em áreas agricultadas de extensões da floresta que já integravam os estoques dos estabelecimentos. Neste contexto, a área total de terras dos estabelecimentos rurais da região de Carajás, no período em análise, foi acrescida em 2,1 milhões de hectares (Mha), que se somaram aos 8,5 Mha que já compunham o estoque de terra dos estabelecimentos agropecuários em 1995 (Tabela 2). Além disso, houve a conversão de parcelas de áreas remanescentes de floresta nos estabelecimentos em locais destinados à agropecuária, em um movimento que se processou à taxa média de 1,42% a.a., ritmo maior do que o de apropriação de terras, que se deu à taxa média de 1,08% a.a. Foi essa diferença entre os ritmos que refletiu diretamente na elevação da proporção entre a área agricultada nos estabelecimentos e a área total dos mesmos, de forma que essa proporção passou de 52 % em 1996 para 70% em 2017 (Tabela 2).

Tabela 2 – Evolução da economia agrária de Carajás, atributos selecionados em 1996, 2006 e 2017

Cód.	Atributo	Unidade	1995/6	2006	2017
E_1	Nr. de estabelecimentos	Estabel.	33.692	43.884	50.724
$Y_B (P_2 * PTR * RTT)$	Valor bruto da produção	R\$ mil	2.231.041	3.927.945	6.730.384
p^2	Pessoal ocupado	Pessoa	121.104	131.256	153.620
$PTR (Y_B / H_2)$	Produtividade monetária da terra	R\$ mil/ha	0,503	0,584	0,901

RTT (H_2/P_2)	Relação terra-trabalho	ha/pessoa	36,62	51,25	48,64
PTT (Y_B/P_2)	Produtividade monetária do trabalho	R\$ mil/pessoa	18,423	29,925	43,813
H_1	Área total dos estabelecimentos	Hectare	8.518.634	9.441.474	10.673.991
H_2	Área das terras agricultadas	Hectare	4.434.495	6.726.592	7.471.925
PTA (H_2/H_1)	Proporção das terras agricultadas	Proporção	0,52	0,71	0,7
IT (P_2/H_2)	Intensidade de trabalho	Pessoa /ha	0,027	0,02	0,021
IP	Int. de pastejo do gado	Cabeça/ha	0,799	1,37	1,234
IQF	Intensidade química – adubos e corretivos	R\$ mil/ha	0,0007	0,0108	0,0342
IQA	Intensidade química – agrotóxicos	R\$ mil/ha	0,0022	0,0090	0,0360
IMC	Intensidade mecânica – comb. e lubrificantes	R\$ mil/ha	0,0216	0,0324	0,0504
IDI	Índice de densidade institucional	Índice	4,67		6,18

Notas: ^a Totalizações realizadas considerando equivalentes a zero os valores inibidos pelo IBGE para não identificar o informante. ^b Os valores monetários foram corrigidos para dezembro de 2022 pelo IGP-M.

Fonte: IBGE (1998, 2009, 2019); Monteiro e Silva (2023a,b). Elaborada pelo autor.

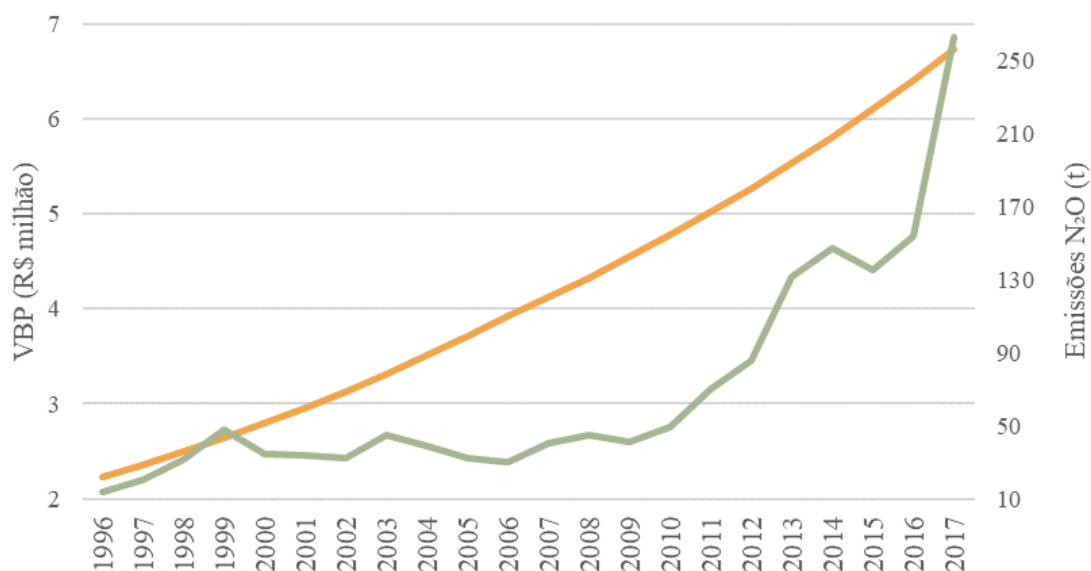
Ao analisar a evolução dos atributos selecionados da economia agrária da região, é possível inferir que sua expansão foi marcada por um incremento da produtividade monetária do trabalho (PTT), cujo crescimento entre 1996 e 2017 ocorreu à taxa média anual de 4,21%, todavia com tendência decrescente, uma vez que, de 1995 a 2006, essa taxa foi de 4,97% e de 2006 a 2017 houve uma retração para 3,53%. A majoração da produtividade do trabalho (PTT) foi sustentada, sobretudo, pelo crescimento da produtividade monetária da terra (PTR), que saltou de R\$ 503 por ha em 1996 para R\$ 901 por ha em 2017, correspondendo à elevação média de 2,81% a.a., posto que o incremento da relação terra-trabalho (RTT) foi menos expressivo e alcançou um crescimento médio anual de 1,36%, contexto no qual a relação que era de 36,6 ha por pessoa ocupada em 1996, foi ampliada para 48,6 ha por pessoa em 2017 (Tabela 2).

O cotejamento da variação da produtividade monetária da terra (PTR) e da relação terra-trabalho (RTT) – determinantes da produtividade monetária do trabalho (PTT) – com as alterações de outros atributos relativos ao suporte técnico desses processos produtivos (Tabela 2), permite inferir que a economia agrária da região se tornou menos intensiva em trabalho e mais dependente de insumos químicos. Ademais, o aumento da produtividade monetária da terra (PTR) esteve vinculado: a) à redução na intensidade do trabalho (IT), cuja relação era de 0,027 em 1996 e caiu para quase 0,021 em 2017, acompanhada pela mudança da relação terra-trabalho (RTT), que cresceu 1,36% a.a.; e b) ao uso muito mais intensivo de insumos químicos, uma vez que, em 1996, se utilizava R\$ 0,72 por ha com adubos e corretivos para o solo e R\$ 2,16 por ha com agrotóxicos, valores que saltaram para R\$ 34,23 e R\$ 36,03, respectivamente (Tabela 2). As ampliações com esses gastos ocorreram, portanto, em taxas de

crescimento médio anual de 20% e 14,54%, respectivamente, contra-arrestando a supracitada redução da intensidade do trabalho por ha (IT), que se deu à taxa média de 1,34% a.a. no período (Tabela 2).

Evidencia-se que o crescimento do valor bruto da produção agropecuária regional (YB) a uma taxa média anual de 5,44% a.a., está associado, sobretudo, ao aumento da produtividade monetária da terra (PTR), o qual, por sua vez, decorreu, em grande medida, da ampliação do uso de fertilizantes nitrogenados. Além do aumento da produtividade, essa intensificação está relacionada a processos microbiológicos no solo que geram óxido nitroso (N_2O) (Signor; Cerri, 2013; Syakila; Kroeze, 2011). Assim, o ganho produtivo obtido com a adubação nitrogenada resultou, na região de Carajás, em um acréscimo expressivo na liberação de N_2O para a atmosfera, passando de 13,96 toneladas em 1996 para 263,20 toneladas em 2017 (SEEG, 2024) – um crescimento médio anual de aproximadamente 15% a.a., compatível com o aumento dos gastos com adubos e corretivos, que foi da ordem dos citados 20% (Figura 1).

Figura 1 – Evolução do Valor Bruto da Produção (VBP) e das emissões de óxido nitroso (N_2O) na região de Carajás no período de 1996 a 2017



Fonte: SEEG (2024), IBGE (1998, 2009, 2019); Monteiro e Silva (2023a,b). Elaborada pelo autor.

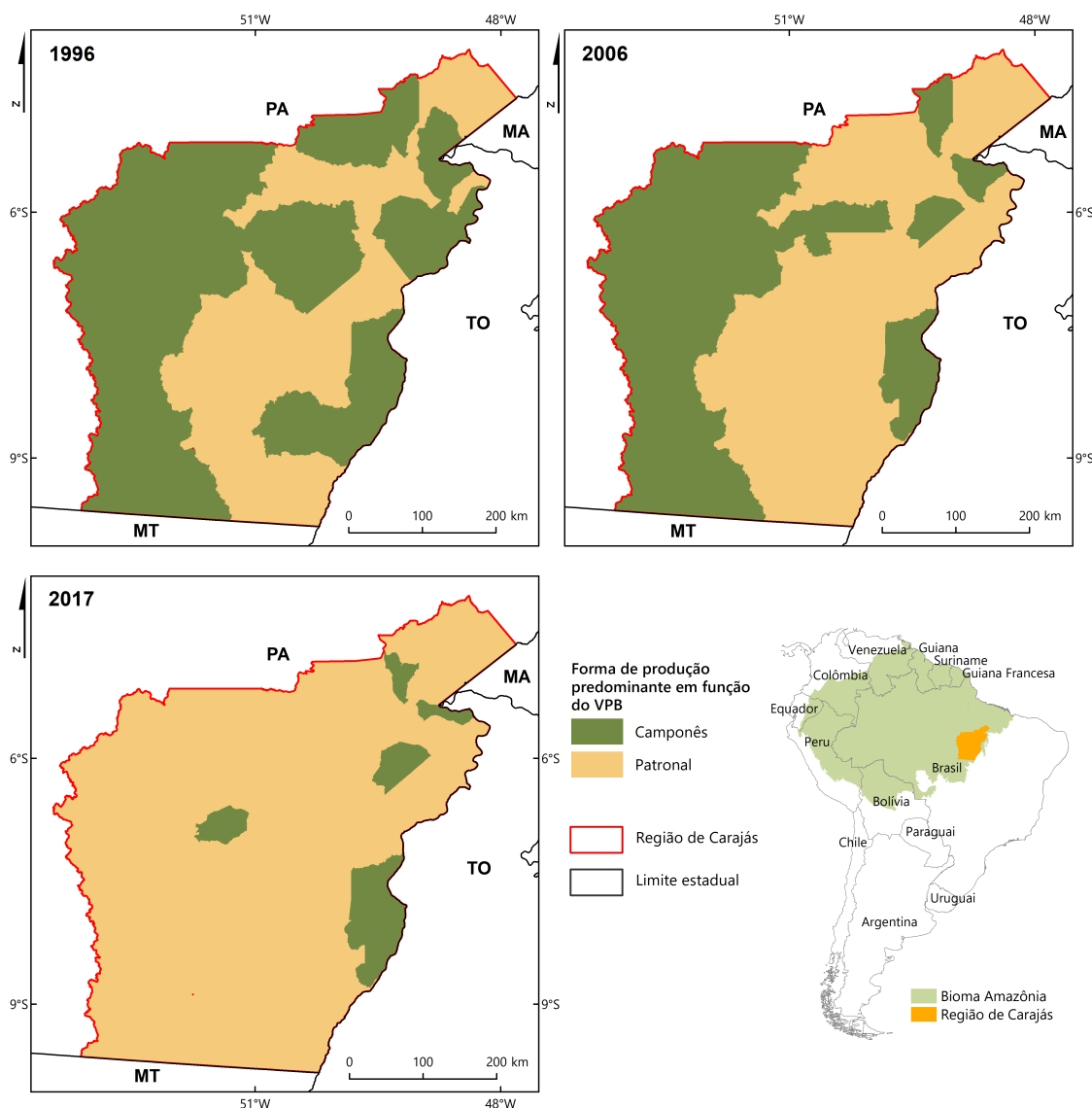
As emissões de óxido nitroso (N_2O) possuem particular relevância climática, pois este gás apresenta um potencial de aquecimento global (PAG) cerca de 273 vezes maior que o do dióxido de carbono (CO_2) em um horizonte de cem anos (IPCC, 2021; SEEG, 2024). Isso implica que, mesmo em quantidades relativamente pequenas, as emissões de N_2O exercem um impacto desproporcional sobre o balanço radiativo do planeta, contribuindo, de forma expressiva, para as mudanças climáticas (Bustamante *et al.*, 2014 Davidson; Bustamante, Pinto, 2001; IPCC, 2021; Lage Filho *et al.*, 2022).

DISTINTAS FORMAS DE PRODUÇÃO NO AGRÁRIO REGIONAL

As alterações na economia agrária da região de Carajás, apresentadas em termos agregados na seção anterior, são analisadas a seguir partindo da distinção estrutural entre

a produção patronal e a camponesa. Ao segregar o VBP agropecuário entre essas formas de produção, é possível inferir que houve uma alteração na expressão do VBP camponesa em relação ao da patronal no período analisado, tanto do ponto de vista da distribuição espacial quanto da proporção da repartição entre essas formas (Figura 2).

Figura 2 – Distribuição geográfica das formas de produção municipalmente predominante no rural em razão da distribuição percentual do VBP em 1996, 2006 e 2017



Fonte: IBGE (1998, 2009, 2019); Monteiro e Silva (2023a,b).

No que se refere à distribuição geográfica, houve uma paulatina redução no número de municípios da região nos quais havia a predominância da produção camponesa. Em 1996 essa forma de produção ainda prevalecia na maioria deles; em 2007 essa condição foi mantida em 10 dentre os 32 municípios da região; e em 2017 o VBP camponês ainda era o mais expressivo apenas nos municípios de Conceição do Araguaia, Eldorado dos Carajás, São João do Araguaia, Tucumã, Floresta do Araguaia, Abel Figueiredo e Nova Ipixuna (Figura 2).

Alterações de tais magnitudes e de natureza estrutural encontram-se vinculadas a um ambiente institucional que não é neutro em relação às formas de produção em concorrência no agrário, posto que o jeito com que ele age sobre essas formas de produção e que por elas é influenciado são determinantes nessa concorrência, uma vez que habilitam diferenciadamente os agentes em competição.

A apuração do *proxy* para a densidade institucional resultou do índice de densidade institucional (IDI) de 1996, com valores de 2,15 e 2,49 para a forma de produção patronal e camponesa, respectivamente, evidenciando que a produção patronal e a camponesa na região de Carajás contavam com a intensidade dos mecanismos institucionais de financiamento relativamente próximos no momento do Censo de 1996; situação que sofreu uma significativa modificação, uma vez que, em 2017, os valores desses índices passaram a registrar 3,36 para a produção em bases patronais e 2 para a produção em base familiares, indicando um claro fortalecimento do ambiente institucional em favor da produção patronal no âmbito regional (Tabela 3).

Nesse ambiente institucional crescentemente assimétrico, são reproduzidas as formas de produção tanto camponesas quanto patronais e os seus atributos, conforme explicitado na Tabela 3, evidenciando as diferenças estruturais entre essas formas de produção. As dessemelhanças mais relevantes referem-se à relação terra-trabalho (RTT), que se reflete diretamente na intensidade de trabalho (IT). Essa relação apresentou tendências contrárias entre 1996 e 2017, quando a produção camponesa se tornou menos intensiva em trabalho enquanto a patronal ampliou essa intensidade. Esses movimentos, entretanto, não alteram os fundamentos e a expressão da relação terra-trabalho que colocam, no geral, a produção camponesa em situação díspar da patronal (Tabela 3).

Nesse período foram observadas diferenças no ritmo de incremento da produtividade monetária do trabalho (PTT), posto que o aumento se processou de forma um pouco mais acelerada nos estabelecimentos de base patronal do que no segmento camponês. Quando se coteja o desempenho desse indicador para os intervalos de 1996 a 2006 e de 2006 a 2017, é possível inferir que a dinâmica de crescimento da PTT é ligeiramente crescente para o segmento patronal e moderadamente decrescente para o camponês (Tabela 3).

Tabela 3 – Evolução de atributos selecionados das formas de produção no agrário da região de Carajás em 1996, 2006 e 2017

Atributo	1996		2006		2017	
	Patronal	Camponesa	Patronal	Camponesa	Patronal	Camponesa
E_1	2.282	31.410	6.150	37.734	11.243	39.481
$\frac{Y_B}{(P_2 * PTR * RTT)}$	1.043.355	1.187.686	2.489.726	1.438.221	4.677.601	2.052.783
P_2	20.030	101.074	35.449	95.807	47.469	106.151
$PTR (Y_B/H_2)$	0,359	0,777	0,476	0,959	0,874	0,969
$RTT (H_2/p_2)$	145,07	15,13	147,46	15,65	112,79	19,95
$PTT (Y_B/p_2)$	52,090	11,751	70,233	15,012	98,540	19,338

H_1	5.592.079	2.926.555	7.477.240	1.964.234	8.036.068	2.637.923
H_2	2.905.731	1.528.763	5.227.341	1.499.251	5.353.834	2.118.091
PTA (H_2/H_1)	0,52	0,52	0,7	0,76	0,67	0,8
IT (P_2/H_2)	0,007	0,066	0,007	0,064	0,009	0,05
IP	0,717	0,973	1,278	1,237	1,19	1,355
IQF	0,0004	0,0014	0,0144	0,0054	0,0450	0,0090
IQA	0,0023	0,0018	0,0090	0,0072	0,0396	0,0288
IMC	0,0220	0,0200	0,0234	0,0613	0,0450	0,0631
IDI	2,15	2,49	4,89	10,12	3,36	2

Notas: Os códigos das variáveis são os mesmos adotados nas Tabelas 1 e 2. Os valores monetários foram corrigidos para dezembro de 2022 pelo IGP-M.

Fonte: IBGE (1998, 2009, 2019); Monteiro e Silva (2023a,b). Elaborada pelo autor.

No que se refere à produtividade monetária da terra (PTR), a produção camponesa manteve-se mais elevada do que a da patronal. Essa expansão, contudo, teve um ritmo menos expressivo do que o da patronal. O aumento do rendimento do trabalho entre os estabelecimentos camponeses foi amparado: a) pela expansão da produtividade monetária da terra (PTR), que saiu de R\$ 777/ha em 1996 para R\$ 969/ha em 2017, refletindo uma dilatação anual média de 1,1% a.a.; e b) pela alteração da relação terra-trabalho (RTT), que alcançou uma ampliação média anual de 1,3%, uma vez que essa relação era de 15,1 ha por pessoa ocupada em 1996 e foi para 19,9 ha por pessoa em 2017 (Tabela 3).

No segmento patronal o crescimento da produtividade do trabalho (PTT), por sua vez, vinculou-se: a) ao crescimento da produtividade monetária da terra (PTR), que passou de R\$ 359/ha em 1996 para R\$ 874/ha em 2017 (Tabela 3), exprimindo uma expansão anual média de 4,3% a.a. (Tabela 3); e b) à retração da relação terra-trabalho (RTT), que se deu com uma intensidade de 2,4% a.a., posto que a registrada em 1996 foi de 145 ha por pessoa ocupada, caindo para 112 ha em 2017 (Tabela 3). Esta alteração guarda relação com a ampliação do pessoal ocupado em estabelecimentos patronais (4,2% a.a.) em um ritmo superior ao aumento nas áreas agricultadas (1,2% a.a.) (Tabela 3).

Os estoques de terras no âmbito da produção camponesa sofreram uma redução em termos absolutos, enquanto os da esfera patronal foram ampliados. A área total dos estabelecimentos patronais saltou de 5,6 Mha para 8 Mha, enquanto as dos camponeses decresceu de 2,9 Mha para 2,6 Mha. O avolumamento das terras vinculadas à produção patronal deveu-se tanto à incorporação de 2,1 milhões de ha de terras públicas aos seus estoques quanto à apropriação de 0,3 milhão de ha que, anteriormente, compunha o estoque de terras de camponeses (Tabela 3).

Esse padrão de incorporação de terras públicas pelos estabelecimentos patronais repercutiu na diferenciação do ritmo com o qual se deu a conversão de parcelas de florestas remanescentes no interior dos estabelecimentos em áreas agricultadas. Em 1996 a proporção da área com terras agricultadas em relação à área total era de 52%, tanto dos estabelecimentos vinculados à produção camponesa quanto da patronal, razão que subiu, em 2017, para 80% e 67%, respectivamente (Tabela 3).

É possível também revelar que o aumento do VBP patronal à expressiva taxa de 7,4% a.a. (Tabela 3) foi sustentado por um movimento duplo: a) pelo aumento muito significativo da intensidade química da produção, manifestado tanto pela ampliação das despesas com a compra de adubos e corretivos (IQF), que saltaram de R\$ 0,36/ha em 1996 para R\$ 45,04/ha em 2017, quanto pela expansão das compras de agrotóxicos (IQA), que avançaram de R\$ 2,34/ha para R\$ 39,63/ha (Tabela 3), despesas que se expandiram à taxa de 24,8% a.a. e de 14,7 % a.a., respectivamente; e b) pela ampliação da intensidade do trabalho (IT), que se expressou mediante a leve elevação da relação pessoa ocupada por ha, passando de 0,007 em 1996 para 0,009 em 2017, o que representou uma ampliação média anual de 1,2% (Tabela 3).

A produção camponesa teve uma expansão do VBP bem menor do que a patronal, ampliando-se à taxa de 2,6% a.a. Esse crescimento foi baseado na conjugação entre: a) a elevação da intensidade do uso de adubos e corretivos (IQF) a 9,1% a.a. e do uso de agrotóxicos (IQA) a 14,4% a.a.; e b) a redução da intensidade do trabalho (IT) em relação à 1996, posto que a razão registrada naquele ano entre o pessoal ocupado e a dimensão das terras agricultadas foi de 0,066 e caiu para 0,050 em 2017, em uma retração média de 1,3% a.a. (Tabela 3).

A PARCELA CAMPONESA DO AGRÁRIO: TRAJETÓRIAS PRODUTIVAS E MUDANÇAS

A forma de produção camponesa não é uniforme, sendo possível identificar três trajetórias produtivas baseadas no trabalho familiar na região: uma primeira com ênfase na pecuária bovina (TCPB); uma segunda com destaque em culturas temporárias (TCCT); e uma terceira com destaque em culturas permanentes (TCCP). As trajetórias são caracterizadas nas seções seguintes.

Trajetória camponesa com ênfase na pecuária bovina (TCPB)

As trajetórias produtivas expressam formas de combinação de atividades. Na TCPB a pecuária bovina é a atividade amplamente dominante (Tabela 4). Em 1996 o valor dos produtos derivados dessa atividade, inclusive o leite, equivalia a 68% do VBP dessa trajetória, e, quando tomada isoladamente, a produção do leite representava 24% do VBP (Figura 3). Em 2017 o valor dos produtos derivados da pecuária bovina foi ampliado para 86% do valor total da produção dos 25.211 estabelecimentos que integram essa trajetória (Tabela 4), passando a representar 25% do valor da produção dessa trajetória e evidenciando o aprofundamento da especialização produtiva na pecuária bovina de corte que ocorreu de forma conjugada à manutenção da importância da produção de leite (Figura 3).

A ampliação da especialização produtiva na TCPB ocorreu simultaneamente ao crescimento do VBP vinculado a essa trajetória, que passou de R\$ 784 milhões em 1996 para R\$ 1.576 milhões em 2017; cifra que correspondeu a 77% do VBP da produção camponesa (Figura 3) e a 23% do VBP da agropecuária regional (Tabela 4), valor alcançado em virtude de uma ampliação do VBP à taxa média anual de 3,38%, muito superior às demais trajetórias camponesas (Tabela 4). Em 1996 essa trajetória mobilizava pouco mais de 68 mil pessoas com 14 anos ou mais, e, em 2017, o número de pessoas nela envolvidas alcançou cerca de 70 mil, denotando uma relativa estabilidade da dimensão do pessoal ocupado (Tabela 4).

Tabela 4 – Evolução de atributos selecionados das trajetórias camponesas no agrário da região de Carajás em 1996 e 2017

Atributo	Unidade	1996			2017		
		TCPB	TCCT	TCCP	TCPB	TCCT	TCCP
E_1	Estabel.	21.172	4.881	5.357	25.211	11.869	2.401
$Y_B (P_2 * PTR * RTT)$	R\$ mil	783.973	258.302	145.410	1.576.543	347.279	128.963
P_2	Pessoas	68.284	16.722	16.068	70.654	28.743	6.754
$PTR (Y_B / H_2)$	R\$ mil/ha	0,850	0,546	1,088	1,002	0,805	1,137
$RTT (H_2 / P_2)$	ha/pessoa	13,50	28,31	8,32	22,27	15,01	16,79
$PTT (Y_B / P_2)$	R\$ mil/ha	11,481	15,447	9,050	22,314	12,082	19,094
H_1	Hectare	1.893.773	776.796	255.986	1.944.176	545.623	148.124
H_2	Hectare	921.786	473.348	133.629	1.573.168	431.510	113.413
$PTA (H_2 / H_1)$	Proporção	0,49	0,61	0,52	0,81	0,79	0,77
$IT (P_2 / H_2)$	Pessoa /ha	0,074	0,035	0,12	0,045	0,067	0,06
IP	Cabeça /ha	1,015	0,837	1,217	1,344	1,447	1,271
IQF	R\$ mil/ha	0,0009	0,0023	0,0013	0,0036	0,0234	0,0216
IQA	R\$ mil/ha	0,0016	0,0023	0,0014	0,0306	0,0198	0,0324
IMC	R\$ mil/ha	0,0180	0,0216	0,0270	0,0613	0,0685	0,0865
IDI	Índice	2,23	0,52	0,29	0,31	0,94	0,08

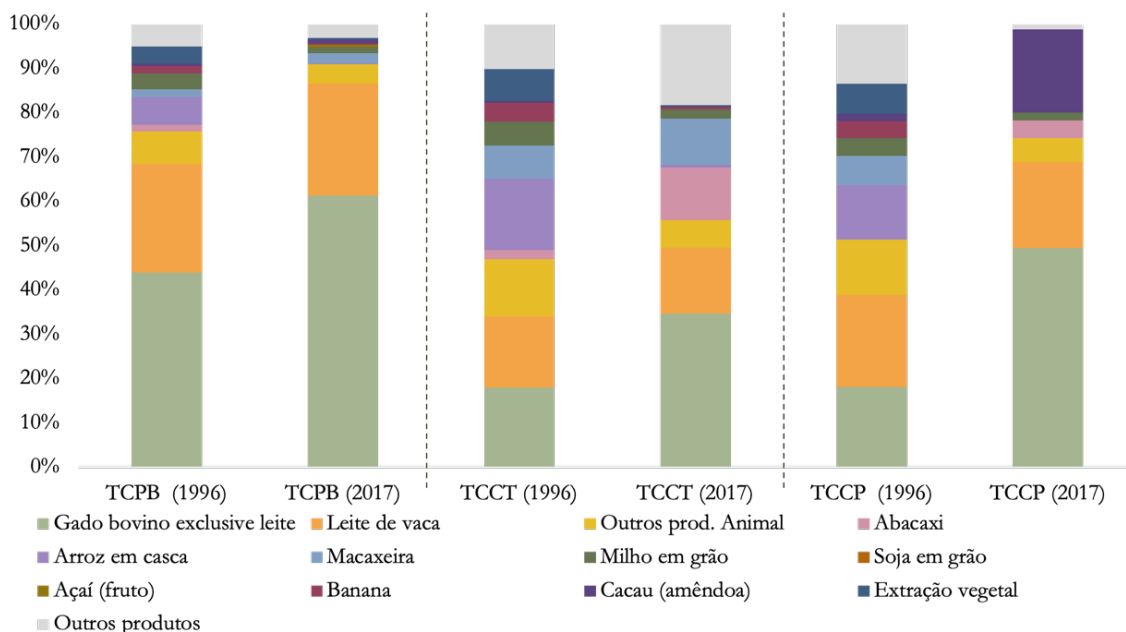
Notas: Os códigos das variáveis são os mesmos adotados nas Tabelas 1 e 2. Os valores monetários foram corrigidos para dezembro de 2022 pelo IGP-M.

Fonte: IBGE (1998, 2009, 2019); Monteiro e Silva (2023a,b). Elaborada pelo autor.

Em 2017 os estabelecimentos dessa trajetória possuíam uma área média de 77 ha, ocupando, assim, uma área total de 1,9 Mha (Tabela 4). Entre 1996 e 2017 a área total por ela apropriada (H_1) também permaneceu quase inalterada, crescendo 0,1% a.a.; já o número de estabelecimentos (E_1) registrou crescimento um pouco mais expressivo, à taxa de 0,8% a.a. Uma das consequências desta combinação do crescimento da área apropriada em ritmo menor do que o da ampliação da intensidade do pastejo do gado bovino (1,3% a.a.), foi que a área utilizada no interior dos estabelecimentos com as atividades agropecuárias cresceu à taxa anual média de 2,4%, a maior dentre todas as trajetórias, descompasso que resultou no alargamento da proporção entre a área agricultável e a área total dos estabelecimentos, deslocando essa proporção de 49% em 1996 para 81% em 2017 (Tabela 4).

Concomitantemente à redução da cobertura florestal e à ampliação da proporção de áreas agricultadas, formadas basicamente por pastagens, também foi observada a consolidação da característica de ser a trajetória menos intensiva em trabalho (IT), quando comparada às demais trajetórias camponesas (Tabela 4).

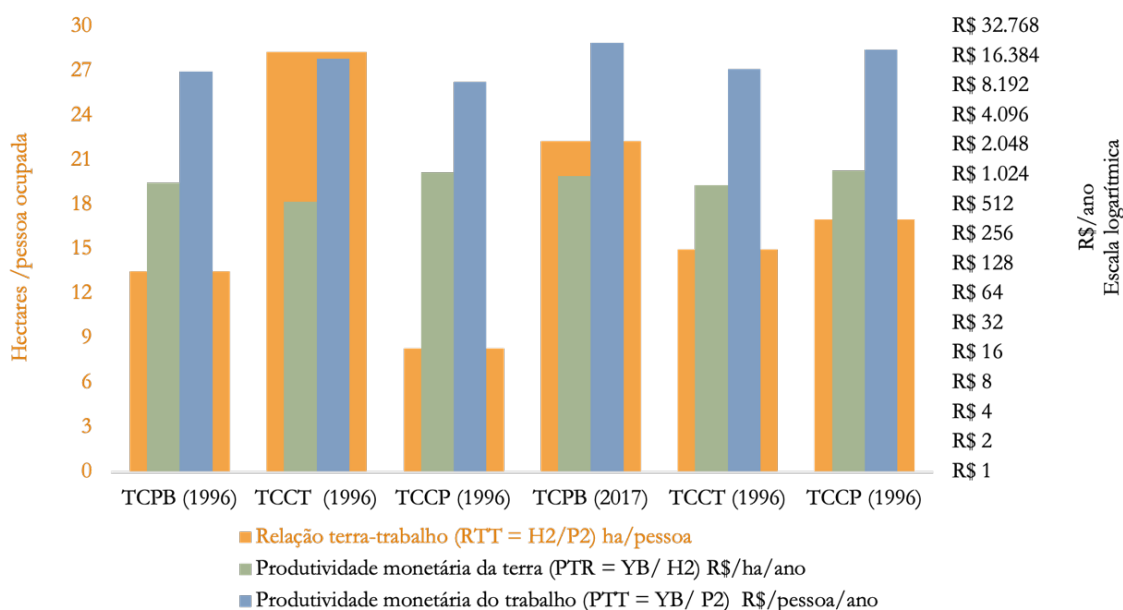
Figura 3 – Composição das trajetórias produtivas camponesas na região de Carajás em 1996 e 2006 quanto à % do VBP



A expansão da TCPB foi caracterizada pelo incremento da produtividade monetária do trabalho (PTT), cujo crescimento entre 1996 e 2017 ocorreu à taxa média anual de 3,2%, passando de R\$ 11.481 por pessoa ao ano para R\$ 22.314. Trata-se de um crescimento sustentado tanto pela ampliação da produtividade monetária da terra (PTR), que era de R\$ 850 por ha em 1996 e subiu para R\$ 1.002 por ha em 2017, correspondendo a uma elevação média de 0,78% a.a. quanto pelo que conjugou ao incremento da relação terra-trabalho (RTT), que alcançou um crescimento médio anual de 2,41%, relação que era de 13,5 ha por pessoa ocupada em 1996 e foi ampliada para 22,7 ha por pessoa em 2017 (Figura 4).

A análise articulada dessas variações na produtividade monetária da terra PTR e na relação terra-trabalho (RTT) – decisivas no comportamento da produtividade monetária do trabalho PTT –, em conjunto com a variação de outros atributos, mostra que o aumento da produtividade monetária da terra (PTR) articulou-se com: a) a redução na intensidade do trabalho (IT) (-2,4% a.a.); e b) o crescimento do consumo de agrotóxicos (14% a.a.) em um nível muito superior ao aumento nos gastos com corretivos de solo e adubos químicos (7,1% a.a.), denotando, portanto, a existência de uma dinâmica que envolve gastos crescentes para combater espécies invasoras prejudiciais aos pastos que não são acompanhados na mesma proporção com que se dá o crescimento nos gastos com adubação e correção da qualidade dos solos (Tabela 4).

Figura 4 – Valores das RTT, PTR e PTT relativos às trajetórias camponesas em 1996 e 2017



Nota: Os valores monetários foram corrigidos para dezembro de 2022 pelo IGP-M.

Fonte: IBGE (1998, 2009, 2019); Monteiro e Silva (2023a,b). Elaborada pelo autor.

Trajetória camponesa com destaque de culturas temporárias (TCCT)

A segunda trajetória camponesa contava com quase 29 mil pessoas com 14 anos ou mais em 2017, com o seu VBP respondendo por 5% do VBP da agropecuária regional e 17% do segmento camponês (Tabela 4). Ela diferencia-se das demais trajetórias camponesas por compreender uma organização produtiva na qual há uma menor presença da pecuária bovina e se destacam as culturas temporárias. A importância da pecuária bovina foi ampliada no período em análise, passando da média de 34% do VBP dos estabelecimentos vinculados a essa trajetória para a metade do VBP, percentual que inclui 15% oriundos da produção do leite. Já as culturas temporárias e a horticultura, que geralmente compõem esse sistema produtivo, representaram conjuntamente 39% do valor da produção dessa trajetória (Figura 3).

A TCCT comporta, pelo menos, duas variantes, uma mais diversa, na qual se destaca a produção de mandioca (*Manihot esculenta*), e outra especializada na produção de abacaxi, concentrada nos municípios de Conceição do Araguaia e Floresta do Araguaia. É provável que o arranjo institucional existente em torno desta variante tenha feito com que o IDI dessa trajetória registrasse, em 2017, um valor muito acima das demais trajetórias (Tabela 4).

Essa trajetória teve o número de estabelecimentos (E_1) mais do que duplicados no intervalo de 21 anos, passando de 4,8 mil em 1996 para 11,9 mil em 2017, movimento que foi acompanhado por um deslocamento na contramão da dimensão da área total apropriada pelos estabelecimentos (H_2). Esta área foi reduzida de 777 mil ha para 545 mil ha, de forma que a média das áreas dos estabelecimentos passou a ser de 46 ha em 2017, uma redução drástica, uma vez que a área média dos estabelecimentos era de 159 ha em 1996. A pressão gerada neste processo resultou na ampliação da média na proporção de áreas absorvidas pelas

atividades agropecuárias (PTA), que se avantajou de 0,61 em 1996 para 0,79 em 2017 – o maior ritmo dentre todas as trajetórias, inclusive as patronais, tendo como consequência uma clara e forte pressão causada pela conversão das formações florestais remanescentes no interior dos estabelecimentos em pastos (Tabela 4).

Dentre as trajetórias camponesas, a TCCT foi a única que registou uma dilatação do índice da intensidade de trabalho (IT) no período analisado, saindo de 0,035 pessoas por ha para 0,067. Esta dinâmica foi acompanhada pela ampliação das intensidades químicas (IQF e IQA) e mecânica (IMC), que se deram às taxas médias anuais de 11,7%, 10,5% e 5,6%, respectivamente. Não obstante, estes movimentos não foram suficientes para garantir o crescimento da produtividade monetária da terra (PTR), que caiu à taxa de 1,9% a.a. e alcançou R\$ 805 por ha em 2017, tampouco foram suficientes para impedir a queda da produtividade monetária do trabalho (PTT), de R\$ 15.447 por pessoa/ano em 1996 para R\$ 12.082 em 2017, a menor dentre todas as trajetórias. Esse encolhimento da produtividade do trabalho (PTT) ocorreu articulado à leve oscilação da relação terra-trabalho (RTT) na esteira dos movimentos anteriormente apresentados (Figura 4).

Trajetória camponesa com destaque em culturas permanentes (TCCP)

A terceira trajetória possui uma singularidade, considerando-se que compreende sistemas nos quais as culturas permanentes têm destaque, com ênfase no cultivo do cacau. Os municípios de Tucumã, São Félix do Xingu e Ourilândia do Norte concentravam 98% da produção do cacau da região em 2017; ali, 74% dessa produção é originária da agricultura camponesa. Trata-se de uma trajetória capaz de comportar variantes com mais perspectivas de sustentabilidade ecológica por, eventualmente, virem a se ancorar em sistemas produtivos cujas combinações abriguem especialmente as culturas permanentes que possuem ciclos biogeoquímicos mais próximos aos da floresta ombrófila densa, articulando ganhos de produtividade da terra e do trabalho com aspectos da ecologia botânica.

Entre 1996 e 2017 a área total (H_1), o número dos estabelecimentos (E_1) e a quantidade de pessoas ocupadas (P_2) vinculadas a essa trajetória, vivenciaram uma retração ao ritmo anual médio de 2,6%, 3,7% e 4%, respectivamente. Mesmo diante da significativa retração desses atributos, o valor da produção (Y_g) dos estabelecimentos nessa trajetória retrocedeu em um ritmo menor do que esses atributos, registrando uma diminuição média anual de 0,6% neste período e alcançando a cifra de R\$ 128,9 milhões em 2017 (Tabela 4).

Entre 1996 e 2017 o incremento da produtividade monetária do trabalho (PTT) ocorreu às taxas de 3,6% a.a., mudança que proveio em proporções muito distintas do crescimento da produtividade monetária da terra (PTR), que foi pouco expressiva, elevando-se à taxa de 0,2% a.a. e alcançando R\$ 1.137/ha em 2017, e da ampliação da relação terra-trabalho (RTT), que se deu à taxa de 3,4% a.a., passando de 8 para 17 ha/pessoa ocupada, o que se vinculou, por sua vez, à drástica redução do pessoal ocupado (Figura 4).

Por fim, a ampliação nestes 21 anos, considerando as despesas com adubos e corretivos (IQF), com agrotóxicos (IQA) e com combustíveis e lubrificantes (IMC), deu-se às taxas anuais médias de 14,5%, 15,9% e 5,7%, respectivamente, demonstrando o aprofundamento da dependência de insumos químicos e agrotóxicos como alternativas para viabilizar a ampliação da produtividade monetária da terra e do trabalho.

O SEGMENTO PATRONAL: TRAJETÓRIAS E MUDANÇAS

Em 1996 duas trajetórias produtivas fundamentavam a produção baseada no trabalho assalariado no agrário na região de Carajás, sendo possível identificar, a partir dos dados do Censo Agropecuário de 2007, uma rápida formação e consolidação de outra trajetória patronal. Firmaram-se, assim, três trajetórias patronais na região: uma trajetória com ênfase na pecuária bovina (TPPB), outra voltada para as culturas anuais (TPCT) e outra com presença de culturas permanentes (TPCP).

Trajetoária patronal com ênfase na pecuária bovina (TPPB)

Dentre as trajetórias, a patronal é a que tem maior expressão, respondendo por 55% da produção do agrário regional e 80% da produção patronal em 2017. Neste ano contava com 8,7 mil estabelecimentos, com uma dimensão média de 708 ha, abarcando 6,2 Mha, ocupando aproximadamente 38 mil pessoas e contando com VBP de R\$ 3,7 bilhões (Tabela 5). Entre 1996 e 2017 o VBP dessa trajetória expandiu-se substancialmente, alcançando uma taxa média de 7% a.a., crescimento marcado pelo aprofundamento de sua especialização produtiva, uma vez que a atividade pecuária representava 87% do VBP da trajetória em 1996, percentual que incluía os 6% decorrentes da produção de leite. Em 2017 o VBP derivado da atividade pecuária avançou 94% da produção da trajetória, com 4% desse percentual derivando da produção de leite de vaca (Figura 5).

Tabela 5 – Evolução de atributos selecionados das trajetórias patronais no agrário da região de Carajás em 1996 e 2017

Atributo	Unidade	1996		2017		
		TPPB	TPCP	TPPB	TPCT	TPCP
E1	Estabel.	1.989	293	8.765	467	2.011
$Y_B (P_2 * PTR * RTT)$	R\$ mil	881.314	162.037	3.696.309	788.939	192.353
P_2	Pessoas	17.272	2.758	37.704	2.973	6.792
$PTR (Y_B / H_2)$	R\$ mil/ha	0,339	0,524	0,861	1,263	0,440
$RTT (H_2 / P_2)$	ha/pessoa	150,31	112,25	113,83	210,09	64,4
$PTT (Y_B / P_2)$	R\$ mil/pessoa	51,03	58,75	98,03	265,37	28,32
H_1	Hectare	5.013.644	578.436	6.208.433	1.111.781	715.854
H_2	Hectare	2.596.147	309.584	4.291.814	624.599	437.421
$PTA (H_2 / H_1)$	Proporção	0,52	0,54	0,69	0,56	0,61
$IT (P_2 / H_2)$	Pessoa/ha	0,007	0,009	0,009	0,005	0,016
IP	Cabeça gado/ha	0,724	0,659	1,209	1,066	1,171
IQF	R\$ mil/ha	0,0004	0,0004	0,0216	0,2180	0,0288
IQA	R\$ mil/ha	0,0016	0,0081	0,0360	0,0703	0,0414
IMC	R\$ mil/ha	0,0225	0,0180	0,0468	0,0324	0,0523
IDI	Índice	1,95	0,24	1,66	0,63	0,36

Notas: Os códigos são os mesmos das Tabelas 1 e 2. Os valores monetários foram corrigidos para dezembro de 2022 pelo IGP-M.

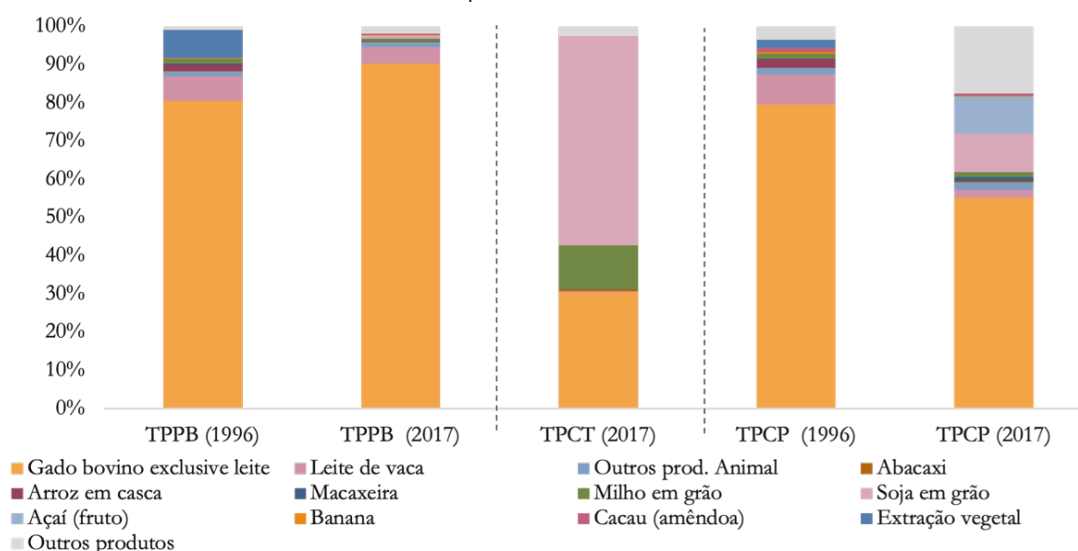
Fonte: IBGE (1998, 2009, 2019); Monteiro e Silva (2023a,b). Elaborada pelo autor.

Concomitantemente à ampliação do VBP neste período, houve tanto o alargamento do estoque total de terras, que passou de 5 Mha para 6,2 Mha, quanto a ampliação da proporção das terras utilizadas para pastagens em relação ao estoque, proporção que atingiu 0,69 contra 0,52 registrada em 1996, a maior relação entre as trajetórias patronais (Tabela 5). Isso denota, por um lado, a incorporação de terras públicas ao estoque dessa trajetória e, por outro, a conversão de áreas remanescentes de florestas nesse estoque em pastagens. A vigorosa expansão dessa trajetória é sustentada por um índice de densidade institucional (IDI) de 1,66, o mais expressivo entre todas as trajetórias do agrário regional em 2017 (Tabela 5).

A elevação da produtividade monetária do trabalho (PTT) decorreu da combinação do crescimento da produtividade monetária da terra (PTR), que saltou de R\$ 339 por ha em 1996 para R\$ 861 por ha em 2017, correspondendo à elevação média de 4,5% a.a., com a retração da relação terra-trabalho (RTT) em um ritmo médio anual de 1,3%. Essa relação, que era de 150 ha por pessoa ocupada em 1996, foi reduzida para 114 ha por pessoa em 2017.

O aumento da PTT, por sua vez, foi garantido pelo(a) a) expansão do uso de agrotóxicos nas pastagens (IQA), que passou de R\$ 1,62 por ha em 1996 para R\$ 36 por ha em 2017, em um crescimento de 16% a.a.; b) amplificação do uso de adubos e corretivos (IQF), que no período saltou de R\$ 0,36 por ha para R\$ 21,62 por ha (21,5% a.a.); c) crescimento dos gastos com combustíveis e lubrificantes (IMC) à taxa de 3,5% a.a., proporcionalmente bem menor que o VBP; e d) ampliação da relação bovino-pasto (IP), que passou de 0,7 cabeça de gado bovino por ha em 1996 para 1,2 em 2017, sinalizando o uso mais intensivo do pasto (Tabela 5).

Figura 5 – Composição das trajetórias produtivas patronais na região de Carajás em 1996 e 2006 quanto à % do VBP



Fonte: IBGE (1998, 2009, 2019); Monteiro e Silva (2023a,b). Elaborada pelo autor.

Trajetória patronal voltada para culturas temporárias (TPCT)

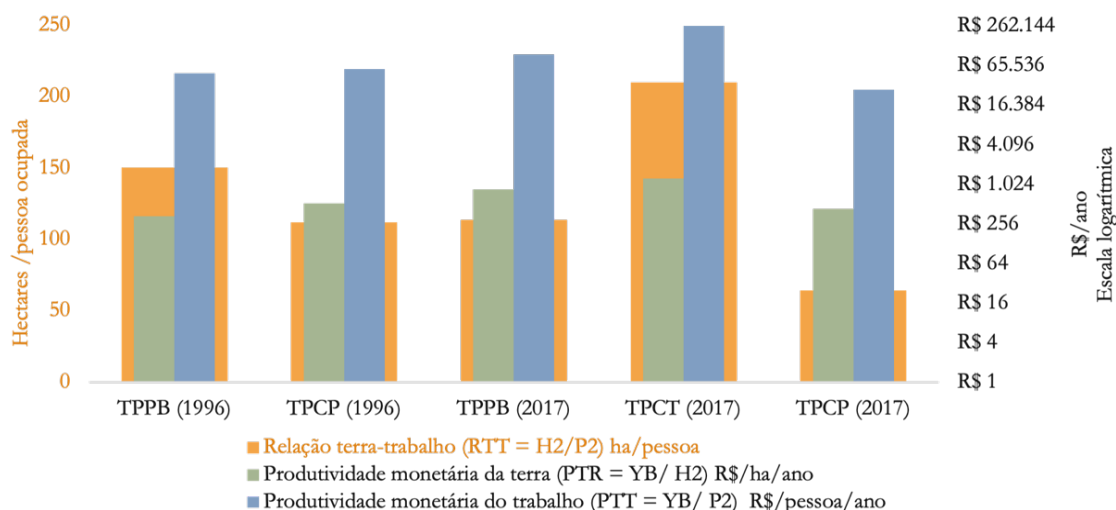
É a trajetória produtiva cuja presença não foi identificada na região de Carajás a partir dos tratamentos dos dados do Censo Agropecuário de 1995/96, com seu surgimento e consolidação na região sendo revelada pelos dois Censos Agropecuários posteriores. Assim, em 2017 o VBP oriundo dessa trajetória foi de R\$ 789 milhões, correspondendo a 11,7% do VBP da agropecuá-

ria regional e a 17% do segmento patronal daquele ano. Desse valor, 2/3 foram originados de culturas anuais, basicamente soja e milho. Por conseguinte, o que distingue essa trajetória das demais é o fato de ela ser especializada na cultura anual de grãos (Figura 5).

Em 2017 essa trajetória ocupou aproximadamente 3 mil pessoas, e os 467 estabelecimentos a ela vinculados controlavam um estoque de terras de 1,11 Mha, do que resultou uma média de 2,4 mil ha por estabelecimento, a mais elevada média regional no âmbito das demais trajetórias (Tabela 5).

Nessa configuração produtiva voltada para culturas anuais, destaca-se a elevadíssima intensidade na utilização de insumos químicos, com R\$ 218 de adubos e corretivos por ha/ano e R\$ 70 de agrotóxicos por ha/ano. A elevada quimificação da produção (IQF e IQA) reflete-se diretamente na módica relação terra-trabalho (RTT), no caso, de 210 ha por pessoa ocupada. Dessa combinação resulta uma elevada produtividade monetária da terra (PTR) e do trabalho (PTT), registrando R\$ 1.263 por ha/ano e R\$ 263 mil por pessoa ocupada/ano, respectivamente (Figura 6), alcançando, portanto, a mais elevada produtividade monetária da terra (PTR) em relação a todas as demais trajetórias do agrário de Carajás, o que guarda relação direta com a intensidade química (adubos e corretivos) (IQF) que caracteriza essa trajetória. Em 2017 foram despendidos dez vezes mais com adubos e corretivos para o solo do que os desembolsados pela trajetória patronal com ênfase na pecuária bovina (TPPB), e, além disso, foi consumido quase o dobro de agrotóxicos por ha (Tabela 5).

Figura 6 – Valores da RTT, da PTR e da PTT relativas às trajetórias patronais na região de Carajás em 1996 e 2017



Nota: Os valores monetários foram corrigidos para dezembro de 2022 pelo IGP-M.

Fonte: IBGE (1998, 2009, 2019); Monteiro e Silva (2023a,b). Elaborada pelo autor.

Trajetória patronal com presença de culturas permanentes (TPCP)

A terceira trajetória tem a pecuária bovina como a fonte principal do valor da sua produção, mas o que a particulariza em relação às demais é o fato de atribuir uma maior importância às culturas permanentes no âmbito dos sistemas produtivos que lhe dão sustentação, contexto no qual a cultura do açaí é, destacadamente, a mais relevante e, se tomada isoladamente,

respondeu por 10% do VBP dessa trajetória que foi de 106 milhões em 2017, equivalentes a 2,9% e a 4,1% do VBP do agrário da região e da produção patronal, respectivamente (Figura 5).

Dentre todas as demais trajetórias do agrário, a TPCP foi a que registou o maior crescimento no número de estabelecimentos. Em 1996 aproximavam-se de 300, e em 2017 pularam para 2 mil. A dimensão da área apropriada não acompanhou o mesmo ritmo de expansão, de forma que a área média dos estabelecimentos caiu drasticamente, passando de quase 2 mil ha para tão somente 356 ha. Essa retração repercutiu diretamente na proporção entre a área com cobertura florestal e a área total do estabelecimento, razão que subiu de 0,54 para 0,61 (Tabela 5).

Ao longo dos 21 anos dessa trajetória observou-se o aumento da intensidade de trabalho (IT) (2,7% a.a.), o que se somou à elevadíssima expansão dos gastos com adubos e corretivos (IQF) (22,5% a.a.), agrotóxicos (IQA) (8% a.a.) e combustíveis (IMC) (5,4% a.a.), apesar de essa trajetória contar com a presença de culturas permanentes, nomeadamente o açaí, que regionalmente pode ser explorado a partir do extrativismo. No âmbito do presente estudo, o valor do açaí resultante do extrativismo é incluído na variável “valor da prod. da extração vegetal (x_7)”. No caso da TPCP, a grande dilatação no consumo de insumos químicos mostra que a expansão desse cultivo tem tornado a cultura permanente mais dependente de insumos químicos do que da ecologia botânica.

A produtividade monetária da terra (PTR) relativa a essa trajetória, contraiu-se à taxa média de 0,8% a.a., sendo comprimida de R\$ 524 por ha em 1996 para R\$ 440 por ha em 2017, o menor valor entre as trajetórias do agrário (Figura 6). Houve também retração na produtividade monetária do trabalho à taxa média de 3,4% a.a., vinculado ao fato de essa trajetória usufruir da menor produtividade do trabalho (PTT) dentre todas as trajetórias patronais em 2017, com R\$ 28,3 mil por pessoa ocupada, menos do que os R\$ 58,7 mil consignados em 1996. Retração esta que se deu, articuladamente, à significativa compressão da relação terra-trabalho (RTT) (2,6% a.a.).

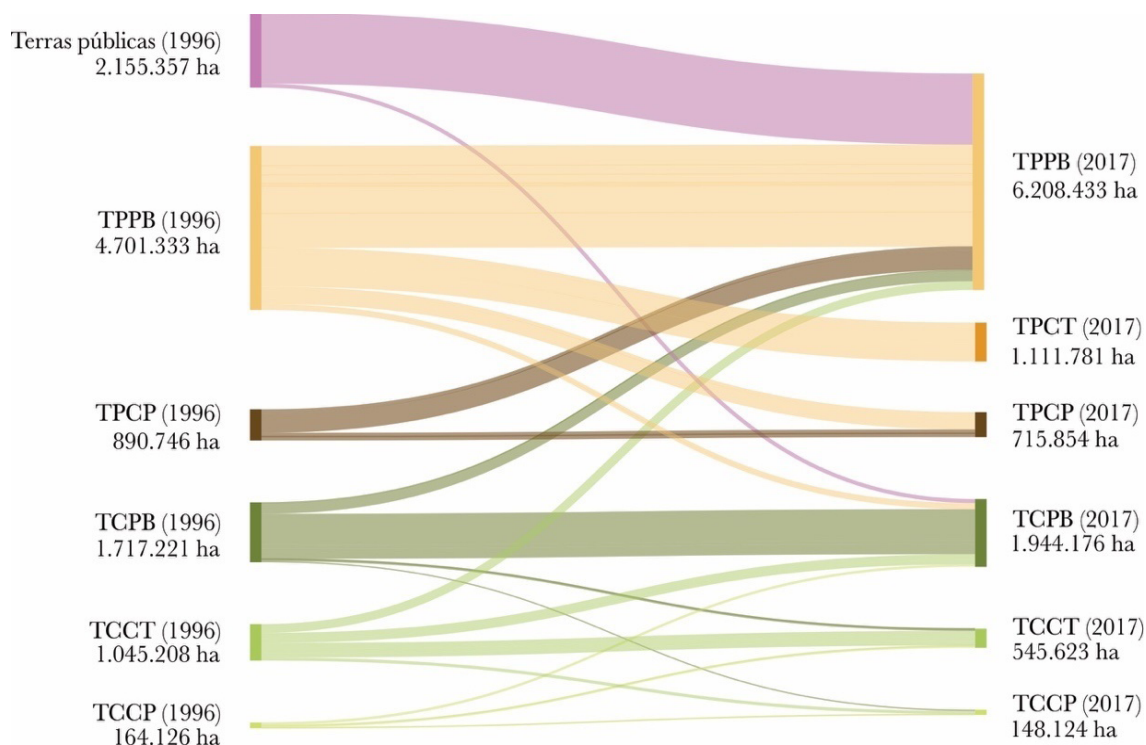
ASPECTOS ESPACIAIS DAS MUDANÇAS NO AGRÁRIO DE CARAJÁS

Entre 1996 e 2017 o crescimento do VBP das trajetórias TPPB e TPCT guardam relação com a dinâmica da apropriação de terras por essas trajetórias, tanto que a TPCT, que não existia em Carajás até 1996, fez-se presente nos supracitados municípios de Santana do Araguaia e Santa Maria das Barreiras, bem como em Rondon do Pará e Água Azul do Norte, terras que, no passado recente, eram vinculadas à TPPB e de onde foi originário o 1,1 Mha que passou a suportar a produção anual de grãos oriunda da TPCT (Figura 7).

Além dessa transferência de 1,1 Mha de terras da TPPB para a TPCT, houve, no período, a incorporação de 2,1 milhões de ha de terras públicas pelos agentes patronais, dinâmica que se concentrou nos municípios de São Félix do Xingu e de Cumaru do Norte, responsáveis, respectivamente, pela junção de 1,6 e de 0,21 Mha de terras públicas ao estoque da produção patronal, ratificando o apontamento feito por Michelotti, Miranda e Gomes Júnior (2022), revelando que foi nessa porção ocidental da região de Carajás que se concentrou quase toda a conversão de terras públicas em privadas nas últimas três décadas. Por outro lado, os municípios onde a produção patronal mais se apropriou de terras de camponeses foram Conceição do Araguaia e

Floresta do Araguaia, nos quais a produção camponesa perdeu 0,2 Mha, transferência que está provavelmente associada à conversão de terras para o cultivo de abacaxi em bases patronais.

Figura 7 – Mudanças nos estoques de terra que sustentam trajetórias produtivas na região de Carajás entre 1996 e 2017



Fonte: IBGE (1998, 2009, 2019); Monteiro e Silva (2023a,b). Elaborada pelo autor.

Mesmo cedendo terras à TPCT, a TPPB ampliou o seu controle sobre as terras da região, uma vez que o estoque de terras vinculado a essa trajetória passou de 4,7 Mha em 1996 para 6,2 Mha em 2017, acréscimo que foi possível em razão da incorporação de terras na ordem de 2,1 Mha, com origem nas terras públicas.

CONCLUSÕES

A análise apresentada permite concluir que o crescimento do VBP da agropecuária na região de Carajás, entre 1996 e 2017, tomado em termos agregados, está associado ao aumento da produtividade monetária da terra (PTR), o qual, por sua vez, decorreu, em grande medida, da ampliação do uso de fertilizantes nitrogenados, ganho produtivo obtido que envolveu, na região de Carajás, um acréscimo expressivo na liberação de N_2O para a atmosfera, reforçando dinâmicas de aquecimento global.

Quando analisado ao nível das trajetórias produtivas, percebe-se que aquela dependente do trabalho assalariado e centrada na pecuária bovina de corte (TPPB) se consolidou como a amplamente predominante no agrário de Carajás, desempenho que também foi viabilizado pelo fato de o ambiente institucional que organiza as políticas em relação à posse da terra ter possibilitado a incorporação de 2,1 Mha de terras ao acervo que a trajetória já tinha ao seu

dispor. Em outras palavras, as dinâmicas institucionais que permitem a conversão de terras públicas em privadas foi central para a expansão dessa trajetória no agrário de Carajás.

Dentre as trajetórias patronais, a TPCT, como expressão recente e fortemente especializada na produção de grãos, evidencia elevada produtividade monetária da terra e do trabalho, mas sustenta significativa ampliação da dependência de insumos químicos que amplia os riscos ambientais. Já a TPCP, embora com a presença de culturas permanentes e portadora de maior expectativa de sustentabilidade, revela dependência crescente de insumos químicos, o que compromete o potencial de aproveitamento dos benefícios da diversidade botânica local.

No segmento camponês observa-se que a TCPB mantém forte especialização na pecuária bovina de corte e leite, com ganhos de produtividade também vinculados à redução da intensidade do trabalho e ao crescimento do consumo de agrotóxicos, em nível muito superior ao aumento dos gastos com corretivos de solo e adubos químicos. A TCCT, organizada em torno de culturas temporárias, mostrou ampliação do número de estabelecimentos, mas enfrenta queda na produtividade do trabalho e pressões sobre a cobertura florestal remanescente. Já a TCCP, centrada em culturas permanentes como o cacau, demonstra um arranjo produtivo que poderia sustentar maior sustentabilidade ambiental, mas que também evidencia forte dependência de insumos químicos, comprometendo parte do potencial de ancoragem em sistemas agroflorestais mais integrados.

Neste contexto de crescente e excessiva dependência de insumos químicos de origem extrarregional, a ampla maioria dos agentes que atuam no agrário regional, “para solucionar os problemas com que se defrontam [...] não se aproximam de novas estratégias, que inclusive podem ser ambientalmente sustentáveis, e não o fazem uma vez que a prática pretérita tem resultado em retornos econômicos crescentes” (Monteiro, 2022, p. 352). Isto ocorre porque, segundo Arthur e Arrow (1994, p. 133), “o aprendizado cotidiano promove a consolidação de convicções, dentre os agentes econômicos, e cria uma dependência do caminho, já que recorrem a sua base de conhecimento, criada a partir de experiências do passado”.

Esta referência de experiências, que no passado garantiram um retorno econômico, consolida algumas atitudes em relação aos processos produtivos entre os agentes relevantes no agrário de Carajás, dentre eles os camponeses, muito embora não submetidos à lógica industrialista, denotando uma certa dificuldade para edificar caminhos que organizem a transição do uso da terra e dos recursos naturais, bem como práticas pouco qualificadas e ambientalmente insustentáveis para práticas mais sustentáveis.

Diante deste quadro, a construção de alternativas ao paradigma mecânico-químico-genético, amplamente dominante no agrário regional, capaz de promover o aumento da produtividade monetária da terra (PTR) sem ampliar a dependência de insumos químicos, não é uma tarefa trivial, contexto no qual uma estratégia a ser considerada é a disseminação de bioinsumos – compreendidos como produtos, processos ou tecnologias de origem biológica, como microrganismos promotores de crescimento, micorrizas ou extratos vegetais – como alternativa aos insumos químicos (Hungria *et al.*, 2016; Chew *et al.*, 2023). Por serem baseados na diversidade biológica, os bioinsumos abrem um leque de possibilidades de aplicação muito mais amplo do que os produtos químicos convencionais, permitindo o ajuste a diferentes condições edafoclimáticas e sistemas produtivos (Caligaris *et al.*, 2023). Outra vantagem é a ampliação do potencial de desenvolvimento endógeno, uma vez que a produção e o uso de bioinsumos podem ser

sustentados por cadeias locais e processos adaptados à realidade regional (Samantaray *et al.*, 2024; Soares *et al.*, 2023 ;). Aumentar a produção de bioinsumos com base na biodiversidade amazônica é, portanto, uma estratégia que fortalece uma utilização mais qualificada e inovadora da diversidade natural regional, associando produtividade e conservação. Para as pastagens, a inoculação de gramíneas com *Azospirillum brasilense* já demonstra potencial para recuperar áreas degradadas com menor dependência de N sintético (Hungria *et al.*, 2016; Silva *et al.*, 2023;). No caso do cacau, estudos com biofertilização em viveiros utilizando micorrizas e bactérias fixadoras de nitrogênio apontam ganhos no desenvolvimento inicial das mudas (Chulan; Martin, 1992; Cuenca; Herrera; Meneses, 1990; Kwashie *et al.*, 2023). Para o açaí, pesquisas emergentes com nanocompósitos e resíduos estruturados evidenciam caminhos promissores para ampliar o aproveitamento de nutrientes de forma mais sustentável (Kah *et al.*, 2018; Mirbakhsh, 2023).

Em razão da conformação da economia agrária da região apresentada, a viabilização de tal transição requer profundas mudanças para subverter o quadro institucional e as atitudes hoje existentes, forjando condições para a edificação de uma nova institucionalidade na região capaz de, dentre outras coisas: a) bloquear a transferência de terras públicas para uso privado; b) regular fortemente o mercado de terras; c) produzir ciência, tecnologia e inovação voltadas à maximização da utilização regional dos potenciais derivados da ecologia botânica nos processos produtivos do agrário; d) incentivar sistemas regionais de produção de bioinsumos; e) impulsionar a transição da economia centrada na pecuária bovina para uma produção rural diversificada e sustentável; e) instituir um novo tipo de política de assistência técnica; e f) garantir mecanismos de financiamento estável e duradouro aptos a viabilizar a transição para uma economia em que a ampliação da produtividade da terra derive crescentemente dos ganhos gerados pela utilização dos potenciais da ecologia botânica.

REFERÊNCIAS

- ARTHUR, W. B.; ARROW, K. J. Path dependence, self-reinforcement, and human learning. In: ARTHUR, W. B. *Increasing returns and path dependence in the economy*. Ann Arbor, MI: University of Michigan Press, p. 133-158, 1994.
- ASSIS, W. S. *A construção da representação dos trabalhadores rurais no sudeste paraense*. 2007. Tese (Doutorado em Ciências Sociais em Desenvolvimento, Agricultura e Sociedade) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2007.
- BAUMOL, W. J.; QUANDT, R. E. Rules of thumb and optimally imperfect decisions. *The American Economic Review*, v. 54, n. 2, p. 23-46, 1964. Disponível em: <http://www.jstor.org/stable/1810896>. Acesso em: 12 jul. 2025.
- BOURSCHEIDT, V. *et al.* Inoculação de *Azospirillum brasilense* em gramíneas forrageiras para recuperação de pastagens degradadas. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, Goiânia, v. 49, p. e54462, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1590/1983-40632019v4954462>
- BOYER, R. Formalizing growth regimes. In: DOSI, G.; FREEMAN, C.; NELSON, R.; SILVERBERG, G.; SOETE, L. (org.). *Technical change and economic theory*. Londres: Pinter, 1988. p. 608-630.
- BUSTAMANTE, M. M. C. *et al.* Estimating greenhouse gas emissions from tropical agriculture: current status, challenges and opportunities. *Environmental Research Letters*, v. 9, n. 11, p. 1-11, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1088/1748-9326/9/11/115003>
- CALIGARIS, L. S. *et al.* Bioinsumos na agricultura tropical: avanços, oportunidades e desafios para a produção sustentável. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v. 47, e0230013, 2023. DOI: <https://doi.org/10.36783/18069657rbcs20230013>
- CHEW, J. Y. *et al.* Bioinoculants for sustainable agriculture: current status and prospects. *Agronomy*, Basel, v. 13, n. 2, p. 1-24, 2023. DOI: <https://doi.org/10.3390/agronomy13020436>

- CHULAN, A.; MARTIN, K. The vesicular-arbuscular (VA) mycorrhiza and its effects on the growth of vegetatively propagated *Theobroma cacao* L. *Plant and Soil*, v. 144, p. 227-233, 1992. DOI: <https://doi.org/10.1007/BF00012879>
- COSTA, F. d. A. Mercado de terras e trajetórias tecnológicas na Amazônia. *Economia e Sociedade*, v. 21, p. 245-273, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0104-06182012000200002>
- COSTA, F. d. A. O investimento na economia camponesa: considerações teóricas. *Revista de Economia Política*, v. 15, n. 1, p. 84-101, 1995. DOI: <https://doi.org/10.1590/0101-31571994-0766>
- COSTA, F. d. A. Structural diversity and change in rural Amazonia: a comparative assessment of the technological trajectories based on agricultural censuses (1995, 2006 and 2017). *Nova Economia*, v. 31, p. 415-453, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1590/0103-6351/6373>
- COSTA, F. d. A. Trajetórias tecnológicas como objeto de política de conhecimento para a Amazônia: uma metodologia de delineamento. *Revista Brasileira de Inovação*, v. 8, n. 1, p. 35-86, 2009. DOI: <https://doi.org/10.20396/rbi.v8i1.8648975>
- CUENCA, G.; HERRERA, R.; MENESES, E. Effects of VA mycorrhiza on the growth of cacao seedlings under nursery conditions in Venezuela. *Plant and Soil*, v. 126, p. 71-78, 1990. DOI: <https://doi.org/10.1007/BF00041370>
- DAVIDSON, E. A.; BUSTAMANTE, M. M. C.; PINTO, A. S. Emissions of nitrous oxide and nitric oxide from soils of native and exotic ecosystems of the Amazon and Cerrado regions of Brazil. *The Scientific World Journal*, v. 1, supl. 2, p. 312-319, 2001. DOI: <https://doi.org/10.1100/tsw.2001.261>
- DOSI, G. Technological paradigms and technological trajectories: a suggested interpretation of the determinants and directions of technical change. *Research Policy*, v. 11, n. 3, p. 147-162, 1982. DOI: [https://doi.org/10.1016/0048-7333\(82\)90016-6](https://doi.org/10.1016/0048-7333(82)90016-6)
- EMMI, M. F. *A oligarquia do Tocantins e o domínio dos castanhais*. Belém: NAEA, 1999.
- EMMI, M. F.; MARIN, R. E. A.; BENTES, R. d. S. Polígono Castanheiro do Tocantins: espaço contestado de oligarquias decadentes. *Pará Agrário*, n. 2, p. 12-21, 1987.
- HALL, A. L. *Amazônia: desenvolvimento para quem? Desmatamento e conflito social no Programa Grande Carajás*. Rio de Janeiro: J. Zahar Editor, 1991.
- HAYAMI, Y.; RUTTAN, V. W. *Desenvolvimento agrícola: teoria e experiências internacionais*. Rio de Janeiro: Embrapa, 1988.
- HÉBETTE, J. *et al.* Cruzando uma zona de fronteira em conflitos: o leste do médio Tocantins. In: HÉBETTE, J. (org.). *Cruzando a fronteira: 30 anos de estudo do campesinato na Amazônia*. Belém: Edufpa, 2004. p. 51-128. Vol. 2.
- HUNGRIA, M. *et al.* Inoculation of *Brachiaria spp.* with the plant growth-promoting bacterium *Azospirillum brasilense*. *Revista Brasileira de Zootecnia*, Viçosa, v. 45, n. 12, p. 814-821, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1806-92902016001200003>
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Censo Agropecuário 1995-1996 – Pará*. Rio de Janeiro: IBGE, 1998.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Censo Agropecuário 2006*. Rio de Janeiro: IBGE, 2009.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Censo Agropecuário 2017*. Rio de Janeiro: IBGE, 2019.
- IPCC. Intergovernmental Panel on Climate Change. *Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the IPCC*. Cambridge: Cambridge University Press, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1017/9781009157896>
- KAH, M. *et al.* A critical evaluation of nanopesticides and nanofertilizers against their conventional analogues. *Nature Nanotechnology*, v. 13, n. 8, p. 677-684, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41565-018-0131-1>
- KEYNES, J. M. *Teoria geral do emprego, do juro e do dinheiro*. 2. ed. São Paulo: Abril Cultural, 1982.
- KWASHIE, G. K. S. *et al.* Synergic effect of arbuscular mycorrhizal fungi and potassium fertilizer improves biomass-related characteristics of cocoa seedlings to enhance their drought resilience and field survival. *Open Agriculture*, v. 8, n. 1, p. 20220239, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1515/opag-2022-0239>
- LAGE FILHO, N. M. *et al.* Land use, temperature, and nitrogen affect nitrous oxide emissions in Amazonian soils. *Agronomy*, v. 12, n. 7, p. 1.608, 2022. DOI: <https://doi.org/10.3390/agronomy12071608>
- MARTINS, J. S. *Os camponeses e a política no Brasil: as lutas sociais no campo e seu lugar no processo político*. Petrópolis, RJ: Vozes, 1995.

MICHELOTTI, F. *Territórios de produção agromineral: relações de poder e novos impasses na luta pela terra no sudeste paraense*. 2019. Tese (Doutorado em Planejamento Urbano e Regional) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2019.

MICHELOTTI, F.; MIRANDA, H.; GOMES JÚNIOR, E. Ajuste espacial e temporal na Amazônia: reflexões sobre fronteira do capital e des-re-configurações territoriais. *Novos Cadernos NAEA*, v. 25, n. 4, p. 65-86, 2022. DOI: <https://doi.org/10.18542/ncn.v25i4.13082>

MIRBAKHSH, M. Role of nano-fertilizer in plants nutrient use efficiency (NUE): a mini-review. *arXiv preprint arXiv:2301.09697*, 2023. DOI: <https://doi.org/10.48550/arXiv.2301.09697>

MONTEIRO, M. A. Crescimento econômico e competitividade espúria na Amazônia: o caso da região de Carajás. *Novos Cadernos Naea*, v. 25, n. 4, p. 333-363, 2022. DOI: <https://doi.org/10.18542/ncn.v25i4.13035>

MONTEIRO, M. A.; SILVA, A. Dados do agrário amazônico classificados por trajetória tecnológica: região de Carajás, 1996. *Dataset – figshare*, 2023a. DOI: <https://doi.org/10.6084/m9.figshare.22298998.v1>. Acesso em: 12 jul. 2025.

MONTEIRO, M. A.; SILVA, A. Dados do agrário amazônico classificados por trajetória tecnológica: região de Carajás, 2017. *Dataset – figshare*, 2023b. DOI: <https://doi.org/10.6084/m9.figshare.22272193.v2>. Acesso em: 12 jul. 2025.

MONTEIRO, M. A.; SILVA, R. P. Expansão geográfica, fronteira e regionalização: a região de Carajás. *Confins, on-line*, n. 49, 16 mar. 2021. DOI: <https://doi.org/10.4000/confins.35296>

SAMANTARAY, A. *et al.* Advances in microbial based bio-inoculum for amelioration of soil health and sustainable crop production. *Current Research in Microbial Sciences*, v. 5, p. 100.251, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.crmicr.2024.100251>

SEEG. Sistema de Estimativas de Emissões e Remoções de Gases de Efeito Estufa. *Emissões de Gases de Efeito Estufa no Brasil (1970-2022)*. Observatório do Clima, 2024. Disponível em: <https://seeg.eco.br/>. Acesso em: 12 jul. 2025.

SIGNOR, D.; CERRI, C. E. P. Nitrous oxide emissions in agricultural soils: a review. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, v. 43, p. 322-338, 2013.

SILVA, F. F. S. *et al.* Productive performance of *Brachiaria brizantha* cv. Paiaguás under different inoculation techniques of *Azospirillum brasilense* and nitrogen rates in the Brazilian Amazon. *Agriculture*, v. 6, n. 2, p. 47, 2023. DOI: <https://doi.org/10.3390/agriculture6020047>

SMITH, P. *et al.* Greenhouse gas mitigation in agriculture. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, v. 363, n. 1.492, p. 789-813, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1098/rstb.2007.2184>

SOARES, Izadora Alves; MENEZES FILHO, Antonio Carlos Pereira de; VENTURA, Matheus Vinicius Abadia. Biofactories in the current Brazilian agricultural scenario: review. *Brazilian Journal of Science*, [S. l.], v. 2, n. 1, p. 16-33, 2023. DOI: 10.14295/bjs.v2i1.246

SYAKILA, A.; KROEZE, C. The global nitrous oxide budget revisited. *Greenhouse Gas Measurement and Management*, v. 1, n. 1, p. 17-26, 2011. DOI: <https://doi.org/10.3763/ghgmm.2010.000>

Autor Correspondente

Maurílio de Abreu Monteiro

Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará – Unifesspa

Avenida Paulo Fonteles Filho, Cidade Universitária, loteamento Cidade Jardim – Rodovia BR 230, KM 08, Marabá/PA, Brasil

maurilio.monteiro@unifesspa.edu.br

Este é um artigo de acesso aberto distribuído
sob os termos da licença Creative Commons.

