



**SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
INSTITUTO DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA NAVAL**

ADRIANO SILVA FERREIRA

**PADRÕES DE DESENVOLVIMENTO TERRITORIAL E
SUSTENTABILIDADE AO LONGO DA ROTA DE SOJA BR-364–RIO
MADEIRA: UMA ANÁLISE MULTIVARIADA**

BELÉM-PA

Janeiro/2026

ADRIANO SILVA FERREIRA

**PADRÕES DE DESENVOLVIMENTO TERRITORIAL E
SUSTENTABILIDADE AO LONGO DA ROTA DE SOJA BR-364–RIO
MADEIRA: UMA ANÁLISE MULTIVARIADA**

Texto de Defesa de Dissertação submetido
ao Programa de Pós-Graduação em
Engenharia Naval da UFPA, como parte
dos requisitos para a obtenção de título de
Mestre em Engenharia Naval.

Orientação: Prof.^a Dra. Maisa Sales Gama Tobias
Co-orientação: Prof. Dr Humberto de Paiva Jr.

BELÉM-PA
Janeiro/2026

FICHA CATALOGRÁFICA

FERREIRA, Adriano Silva.

Padrões de desenvolvimento territorial e sustentabilidade ao longo da rota da soja BR-364–Rio Madeira: uma análise multivariada/Adriano Silva Ferreira; orientadora: Maisa Sales Gama Tobias; coorientador: Humberto de Paiva Junior. — Belém, 2026.

Dissertação (Mestrado em Engenharia Naval) — Universidade Federal do Pará, Belém, 2026.

1. Análise Multivariada.
2. Padrões Territoriais.
3. Sustentabilidade.
4. Corredores Logísticos.
5. Soja.


ADRIANO SILVA FERREIRA

**PADRÕES DE DESENVOLVIMENTO TERRITORIAL E
SUSTENTABILIDADE AO LONGO DA ROTA DE SOJA BR-364–RIO
MADEIRA: UMA ANÁLISE MULTIVARIADA**


Este texto de defesa de dissertação foi julgado e aprovado no Programa de Pós-graduação em Engenharia Naval da Universidade Federal do Pará - UFPA

Belém, 22 de Janeiro de 2026


Banca Examinadora

Documento assinado digitalmente
 **MAISA SALES GAMA TOBIAS**
Data: 12/02/2026 10:08:57-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof^ª. Dr^ª. Maisa Sales Gama Tobias
Programa de Pós-graduação em Engenharia Naval - ITEC/UFPA
Orientadora

Documento assinado digitalmente
 **NELIO MOURA DE FIGUEIREDO**
Data: 13/02/2026 11:52:27-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof^º. Dr. Nélio Moura de Figueiredo
Programa de Pós-graduação em Engenharia Naval - ITEC/UFPA
Membro Interno

Documento assinado digitalmente
 **HUMBERTO DE PAIVA JUNIOR**
Data: 14/02/2026 10:54:14-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof^º. Dr Humberto de Paiva Jr.
Centro de Engenharia, Modelagem e Ciências Sociais Aplicadas - UFABC
Membro Externo– Co-orientador

Assinado por: **PAULO SÉRGIO LIMA PEREIRA
AFONSO**
Num. de Identificação: 10938291
Data: 2026.02.15 09:07:00 +0000

Prof^º. Dr Paulo Sérgio Lima Pereira Afonso
Departamento de Produção e Sistemas- UMinho
Membro Externo

Assinado por: **Rui António Rodrigues Ramos**
Num. de Identificação: 07799557
Data: 2026.02.15 16:27:23+00'00'

Prof^º. Dr Rui António Rodrigues Ramos
Departamento de Engenharia Civil - UMinho
Membro Externo

Dedico este trabalho à minha família, pelo apoio constante, pela compreensão nos momentos de ausência e pelo incentivo que tornou possível a conclusão desta etapa da minha trajetória acadêmica. Dedico-o, ainda, à Professora Maisa Gama Sales Tobias e ao Professor Humberto Paiva Jr., pela orientação e pelas etapas vencidas ao longo de minha formação acadêmica.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por me conceder inspiração, força e perseverança ao longo de toda a trajetória acadêmica que culminou na realização deste trabalho. Registro meu reconhecimento à Professora e Orientadora Maisa Sales Gama Tobias, pela compreensão, dedicação e incentivo constantes durante o desenvolvimento da pesquisa. Agradeço também ao Professor Humberto de Paiva Jr., pela co-orientação e pela disponibilidade contínua nas orientações realizadas de forma *online*.

Expresso minha gratidão aos meus pais, pelo apoio incondicional e pela confiança depositada em meu crescimento acadêmico e profissional. Agradeço, ainda, aos professores Paulo Sérgio Lima Pereira Afonso e Nélio Moura de Figueiredo, cujas contribuições foram fundamentais para a concretização desta dissertação.

Agradeço à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de estudos, a qual foi essencial para a viabilização e o desenvolvimento desta pesquisa.

Por fim, estendo meus agradecimentos a todos que, direta ou indiretamente, colaboraram para a realização deste trabalho.

“Aprender é a única coisa de que a mente não se cansa, nunca tem medo e nunca se arrepende.”

Leonardo da Vinci

RESUMO

As atividades de escoamento de commodities estruturam corredores logísticos que influenciam de forma desigual o desenvolvimento territorial. Esta dissertação analisa os padrões de desenvolvimento territorial e sustentabilidade dos municípios situados ao longo da rota de exportação de soja BR-364–Rio Madeira, em um contexto de expansão do agronegócio na Amazônia. O estudo baseia-se na análise integrada de indicadores econômicos, sociais, ambientais e de infraestrutura de 59 municípios, construídos a partir de bases oficiais referentes ao período de 2017–2018, provenientes de fontes como IBGE-SIDRA, IMAZON e PNL 2035. Os dados foram tratados no software Orange (v.3.38.1), utilizando técnicas de análise exploratória, Análise de Componentes Principais (ACP) — segundo os critérios de Kaiser-Guttman e variância acumulada — e análise de agrupamentos pelo método k-means, com posterior sobreposição espacial dos *clusters* ao traçado da rota logística. Os resultados evidenciam a existência de padrões territoriais heterogêneos, organizados em três perfis principais: (i) municípios com maior dinamismo urbano e econômico, associados à concentração de infraestrutura e elevado Produto Interno Bruto; (ii) municípios especializados na produção de soja, com forte desempenho econômico, porém acompanhados de maior pressão ambiental; e (iii) municípios social e ambientalmente mais vulneráveis, predominantemente localizados ao longo do trecho fluvial, com menor capacidade de absorção dos benefícios econômicos gerados pelo corredor logístico. Esses perfis revelam que a intensificação do corredor logístico reforça assimetrias territoriais preexistentes, promovendo ganhos econômicos concentrados, enquanto pressões ambientais e vulnerabilidades sociais tendem a incidir de forma mais intensa nos municípios com menor capacidade institucional. Conclui-se que, embora a rota BR-364–Rio Madeira contribua para o crescimento econômico regional, seus efeitos territoriais são desiguais, revelando trade-offs entre eficiência logística, desenvolvimento econômico e sustentabilidade socioambiental. A abordagem metodológica proposta demonstra potencial de replicabilidade para a análise de outros corredores logísticos, contribuindo para o planejamento territorial e para a formulação de políticas públicas orientadas ao desenvolvimento sustentável.

Palavras-Chave: Análise Multivariada; Padrões Territoriais; Sustentabilidade; Corredores Logísticos; Soja.

ABSTRACT

Commodity outflow activities structure logistical corridors that unevenly influence territorial development. This dissertation analyzes patterns of territorial development and sustainability among municipalities located along the BR-364–Madeira River soybean export corridor, within the context of agribusiness expansion in the Amazon region. The study is based on an integrated analysis of economic, social, environmental, and infrastructure indicators for 59 municipalities, constructed from official data sources for the period 2017–2018, including IBGE-SIDRA, IMAZON, and the National Logistics Plan (PNL 2035). The data were processed using Orange software (v.3.38.1), applying exploratory data analysis techniques, Principal Component Analysis (PCA)—following the Kaiser–Guttman criterion and cumulative variance—and k-means clustering, followed by spatial overlay of the resulting clusters onto the logistics corridor map. The results reveal heterogeneous territorial patterns organized into three main profiles: (i) municipalities with higher urban and economic dynamism, associated with infrastructure concentration and elevated Gross Domestic Product; (ii) soybean-specialized municipalities with strong economic performance but increased environmental pressure; and (iii) socially and environmentally vulnerable municipalities, predominantly located along the fluvial segment, with limited capacity to capture the economic benefits generated by the logistics corridor. These profiles reveal that the intensification of the logistics corridor reinforces pre-existing territorial asymmetries, promoting concentrated economic gains, while environmental pressures and social vulnerabilities tend to affect more intensely municipalities with lower institutional capacity. It is concluded that, although the BR-364–Madeira River corridor contributes to regional economic growth, its territorial effects are uneven, revealing trade-offs between logistics efficiency, economic development, and socio-environmental sustainability. The proposed methodological approach demonstrates strong replicability potential for the analysis of other logistics corridors, contributing to territorial planning and the formulation of public policies oriented toward sustainable development.

Keywords: Multivariate Analysis; Territorial Patterns; Sustainability; Logistics Corridors; Soybean.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 –Pilares da Sustentabilidade: ambiental, econômico e social	22
Figura 2 – Mercado Consumidor Chinês da soja e Portos de Exportações de soja do Brasil.....	26
Figura 3 – Projeto Arco Norte.....	27
Figura 4 – Fluxograma das Decisões das Técnicas Multivariadas.....	31
Figura 5 – Técnicas Exploratórias.....	32
Figura 6 – Banco de dados: matriz $R_{n \times p}$	33
Figura 7 – Índice de Progresso Social no Brasil (IPS 2025).....	38
Figura 8 – Os nove grupos do IPS 2025.....	38
Figura 9 – Mapa da logística da soja e do milho no Brasil (2020).....	41
Figura 10 – Mapa do valor da produção de soja no Brasil (2023).....	42
Figura 11 – Evolução da produção de soja no Brasil (2019–2023).....	42
Figura 12 – Origens das emissões de CO ₂ nos estados do Brasil.....	43
Figura 13 – Setores econômicos responsáveis pelas emissões de GEE.....	43
Figura 14 – Emissões globais de CO ₂ provenientes do transporte (2018).....	44
Figura 15 –Mapa do TKU na cabotagem interior do Brasil.....	45
Figura 16 –Fluxograma das Técnicas Multivariadas aplicadas no Trabalho.....	48
Figura 17 –Municípios da rota BR-364-Rio Madeira.....	49
Figura 18 – Fluxo de Trabalho no <i>Orange</i>	56
Figura 19 – Fluxograma para a análise multivariada no software <i>Orange</i>	58
Figura 20 – Principais corredores logísticos de exportação de soja no Brasil, com destaque para o eixo BR-364–Rio Madeira e sua articulação com os portos do Arco Norte.....	63 64
Figura 21 –Rede urbana e áreas de proteção ambiental dos rios Madeira e Amazonas.....	
Figura 22 –Bacia do rio Madeira e áreas de produção de soja.....	65
Figura 23 –Produção de soja por município – Comparação Rodoviário x Fluvial.....	67
Figura 24 –Exportação Mundial da soja através do Porto de Santarém para países de destino.....	68
Figura 25 –Empresa Cargill Agrícola – transporte de soja rio Madeira.....	69
Figura 26 –Empresa Amaggi – transporte de soja rio Madeira.....	70
Figura 27 –Aplicação do K-means no software <i>Orange</i> no estudo de caso.....	75
Figura 28 –ACP do software <i>Orange</i> : variância cumulativa.....	76

Figura 29 – Aplicação do <i>Transpose</i> na Tabela CPs-Indicadores: mapa de calor dos <i>loadings</i> (carregamentos) dos indicadores por componente principal.....	76
Figura 30 –Dendograma na análise multivariada no software <i>Orange</i>	77
Figura 31 –Perfil do corredor de transporte dos 5 CPs.....	85
Figura 32 – Perfil longitudinal do corredor de transporte para a componente CP1- CP2.....	86
Figura 33 – Perfil longitudinal do corredor de transporte para a componente CP1-CP3.....	87
Figura 34 – Perfil longitudinal do corredor de transporte para a componente CP1- CP4.....	88
Figura 35 – Perfil longitudinal do corredor de transporte para a componente CP1- CP5.....	89
Figura 36 – Perfil longitudinal do corredor de transporte para a componente CP2-CP3.....	90
Figura 37 – Perfil longitudinal do corredor de transporte para a componente CP2-CP4.....	91
Figura 38 – Perfil longitudinal do corredor de transporte para a componente CP2-CP5.....	92
Figura 39 – Perfil longitudinal do corredor de transporte para a componente PC3-PC4.....	93
Figura 40 – Perfil longitudinal do corredor de transporte para a componente CP3-CP5.....	94
Figura 41 – Perfil longitudinal do corredor de transporte para a componente CP4–CP5.....	95

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Municípios da Rota BR-364 – Rio Madeira.....	47
Tabela 2 – Delineamento das tarefas metodológicas.....	50
Tabela 3 – Indicadores selecionados para análise multivariada.....	53
Tabela 4 – Fundamentação teórica e significado territorial de um conjunto de Indicadores selecionados.....	54
Tabela 5 – Funções dos widgets do <i>software Orange</i>	57
Tabela 6 – Modelo Metodológico Replicável Integrado, Orientado à Análise Territorial.....	59
Tabela 7 – Padrões de Contorno dos corredores logísticos: Critérios de inserção de Municípios.....	60

...

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ACM - Análise de Correspondência Múltipla
ACP - Análise de Componentes Principais
ANTAQ - Agência Nacional de Transportes Aquaviários
CNT - Confederação Nacional do Transporte
EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
FAO - Organização das Nações Unidas para a Alimentação e Agricultura
MIT - Instituto de Tecnologia de Massachusetts
IDH - Índice de Desenvolvimento Humano
IPS - Índice de Progresso Social
PIB - Produto Interno Bruto
VAB - Valor Agregado Bruto
GEE - Gases Efeito Estufa
IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IMAZON - Instituto do Homem e Meio Ambiente da Amazônia
IPCC - Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas
CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento
MTPA - Ministério dos Transportes, Portos e Aeroportos
PNL - Plano Nacional de Logística
PRODES - Projeto de Monitoramento de Desmatamento da Amazônia Legal por Satélite
ONTL - Observatório Nacional de Transporte e Logística
SEEG - Sistema de estimativas de Emissões e Remoções de Gases de Efeito Estufa
SITE - Sistema de Inteligência Territorial Estratégica
SVD - Decomposição de Valores Singulares
TBL - *Triple Bottom Line*
TKU - Tonelada Quilômetro Útil

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	15
2 REFERENCIAL TEÓRICO.....	19
2.1 Transporte e sustentabilidade em contextos urbanos e aquaviários	19
2.2 Transporte, desenvolvimento territorial e agronegócio no Centro Oeste.....	21
2.3 Surgimento e expansão do escoamento de grãos no Centro Oeste	24
2.4 Técnicas de análise multivariada e métodos de agrupamentos	29
2.5 Indicadores socioeconômicos, ambientais e de infraestrutura	36
3 METODOLOGIA	46
3.1 Objeto e delineamento do estudo	46
3.2 Coleta de dados e construção analítica	51
3.3 Procedimentos analíticos multivariados no software <i>Orange</i>	55
3.4 Modelo replicável de análise multivariada aplicada a corredores logísticos	59
4 ESTUDO DE CASO.....	62
4.1 Caracterização territorial e logística da rota BR-364 Rio Madeira	62
4.2 Aplicação do modelo analítico multivariado	66
4.3 Resultados da análise de agrupamentos (<i>clusters</i>).....	73
4.4 Perfil longitudinal do corredor logístico	80
4.5 Síntese dos padrões de desenvolvimento territorial e sustentabilidade	83
5 DISCUSSÃO	98
5.1 Discussão integrada dos principais achados	98
5.2 Implicações para o planejamento territorial e logístico	100
5.3 Limitações do estudo e agendas futuras	102
6 CONCLUSÕES	104
Declaração de Uso de Inteligência Artificial Generativa.....	108
REFERÊNCIAS	109
ANEXO A – Descrição dos Municípios da Rota BR364-Rio Madeira	116
ANEXO B - Mapa de calor dos carregamentos dos indicadores por município nos Perfis de clusterização do corredor BR-364–Rio Madeira	177
ANEXO C- Mapas adicionais de apoio à análise territorial da rota BR-364 Rio Madeira	178

1 INTRODUÇÃO

Desde a Antiguidade, os corredores logísticos desempenham papel estratégico na articulação entre produção, circulação de mercadorias e desenvolvimento territorial. A Rota da Seda, que conectou o Extremo Oriente à Europa Ocidental por séculos, constitui um dos primeiros exemplos históricos de corredor de transporte, tendo sido implantada a partir do século I a.C., quando o imperador chinês Wu Di, da Dinastia Han, estabeleceu conexões comerciais com as regiões ocidentais, inicialmente voltadas ao escoamento da seda produzida na China. Ao longo desse eixo, passaram a circular também outras mercadorias, como especiarias, porcelanas, artefatos, cerâmicas, tapeçarias e metais preciosos (ONTL, 2024). No contexto contemporâneo, especialmente a partir do início do século XXI, transformações no capitalismo global alteraram profundamente os padrões de produção e comércio, intensificando a disputa por recursos naturais e reposicionando alimentos e terras no centro das estratégias de governos e agentes privados (WeszJunior, 2021). Esse processo resultou na consolidação de novos corredores logísticos voltados, sobretudo, ao escoamento de commodities. Neste trabalho, o termo “commodities” é utilizado como categoria analítica para se referir ao conjunto de produtos primários padronizados destinados ao comércio internacional; no estudo empírico, a análise concentra-se especificamente na soja, principal commodity agrícola escoada ao longo da rota BR-364–Rio Madeira.

No Brasil, observa-se a existência de uma ampla variedade de corredores logísticos destinados ao transporte de recursos naturais e produtos industriais, incluindo soja, milho, minérios, cana-de-açúcar, automóveis, passageiros, petróleo e combustíveis. Destaca-se, nesse contexto, o corredor logístico do eixo Madeira, estruturado pela articulação entre os rios Madeira e Amazonas, conectando-se aos portos de Porto Velho, Itacoatiara, Santarém, Belém e Santana. O acesso terrestre a Porto Velho ocorre predominantemente pelo modo rodoviário, por meio das rodovias BR-364, BR-174 e BR-070, configurando um sistema intermodal essencial ao escoamento da produção do Centro-Oeste brasileiro.

Os corredores logísticos constituem elementos estruturadores do território e desempenham papel central na dinâmica econômica e socioambiental das regiões onde se inserem. A literatura aponta que a organização das infraestruturas de transporte influencia diretamente o desenvolvimento territorial ao moldar fluxos de produção, reorganizar o uso do solo e modificar padrões socioeconômicos locais (Prus; Sikora, 2021; Raimbault, 2019). Tais infraestruturas operam como vetores de transformação,

sobretudo em regiões de fronteira agrícola, onde a expansão produtiva ocorre de forma acelerada e frequentemente dissociada das capacidades institucionais e da oferta de serviços públicos. Segundo a definição da ONTL (2024), corredores logísticos de transporte consistem em vias utilizadas para conectar áreas produtoras e consumidoras, por meio de infraestruturas e sistemas operacionais que integram um ou mais modos de transporte, sendo responsáveis por transformações territoriais de natureza socioeconômica, ambiental e de infraestrutura.

No contexto brasileiro, a intensificação do agronegócio e a consolidação da soja como principal commodity agrícola reforçaram uma geografia logística orientada à redução de custos de transporte e à ampliação da competitividade internacional. Estudos indicam que o crescimento da demanda global, especialmente do mercado asiático, estimulou a expansão das áreas cultivadas e pressionou a modernização das rotas de escoamento (Ferreira Filho, 2023; Vieira Filho, 2022). O Centro-Oeste, particularmente o estado do Mato Grosso, consolidou-se como núcleo da produção nacional, ao mesmo tempo em que passou a enfrentar desafios crescentes relacionados à infraestrutura logística necessária ao escoamento eficiente de grãos (Costa; Soares-Filho; Nóbrega, 2022; Llorca; Lima; Lopes, 2018).

Nesse cenário, o corredor BR-364–Rio Madeira assumiu papel estratégico ao articular fluxos rodoviários e hidroviários entre as áreas produtoras e os portos do Arco Norte, ampliando a competitividade das exportações brasileiras. Pesquisas apontam que esse eixo logístico apresentou ganhos expressivos no transporte de soja, especialmente após a consolidação de terminais fluviais e operações intermodais em Porto Velho, Itacoatiara, Santarém e Barcarena (Hanaoka; Regmi, 2011; Vilarinho *et al.*, 2024; Sales, 2024). Entretanto, a intensificação dessas operações tem produzido efeitos territoriais contrastantes, distribuídos de forma desigual entre municípios com diferentes capacidades econômicas, sociais e institucionais.

Do ponto de vista ambiental, a literatura evidencia que a expansão agrícola e o adensamento logístico estão associados ao aumento do desmatamento, das emissões de gases de efeito estufa e da ocorrência de queimadas, especialmente na Amazônia (Aragão *et al.*, 2018; Silveira *et al.*, 2022; IPCC, 2021). Esses impactos tendem a se intensificar em áreas de fronteira produtiva, onde a pressão sobre ecossistemas sensíveis compromete a capacidade de regulação ambiental. Além disso, mudanças na estrutura territorial afetam comunidades ribeirinhas, povos tradicionais e populações em situação de vulnerabilidade, ampliando desigualdades sociais e deteriorando condições de vida (Oliveira; Piffer; Garcia, 2024; Paraguassú-Chaves *et al.*, 2022).

A discussão sobre sustentabilidade ganhou centralidade a partir do Relatório Brundtland (1987) e dos princípios do *Triple Bottom Line* propostos por Elkington (1994), ao enfatizar a necessidade de conciliar desempenho econômico, justiça social e preservação ambiental. Entretanto, em regiões amazônicas, esse equilíbrio é particularmente desafiado pela rápida expansão do agronegócio e pela insuficiência de infraestrutura e serviços públicos. Nessa perspectiva, a sustentabilidade é compreendida como um conceito dinâmico, cuja interpretação e aplicação variam conforme as condições históricas, culturais e territoriais de cada localidade (Aquino; Meléndez; Piña, 2022). Em contextos marcados pela lógica capitalista, esse conceito pode acabar subordinado à acumulação econômica, relegando a segundo plano as necessidades sociais e a conservação dos ecossistemas (Leoneti; Nirazawa; Oliveira, 2016).

Apesar da relevância desse debate, permanece limitada a quantidade de estudos que analisam de forma integrada os efeitos socioeconômicos, ambientais e de infraestrutura dos municípios situados ao longo do corredor BR-364–Rio Madeira. A maioria das pesquisas concentra-se em fenômenos específicos — como produção agrícola, desmatamento, emissões ou indicadores sociais — sem recorrer a abordagens quantitativas capazes de identificar padrões territoriais complexos. A ausência de análises multivariadas integradas constitui, portanto, uma lacuna científica que restringe a compreensão dos efeitos combinados do escoamento da soja sobre a dinâmica regional (Okyere; Yang; Adams, 2022).

Diante desse contexto, esta dissertação investiga o padrão de comportamento dos indicadores econômicos, sociais, ambientais e de infraestrutura dos municípios localizados ao longo da rota de exportação de soja BR-364–Rio Madeira. Parte-se da hipótese de que a intensificação da exportação de soja, associada à consolidação da infraestrutura logística do corredor, exerce influência significativa sobre o desenvolvimento territorial dos municípios lindeiros, produzindo avanços econômicos concentrados em determinados centros e vulnerabilidades acentuadas em áreas social e ambientalmente mais sensíveis.

A pesquisa justifica-se pela necessidade de compreender a relação entre a produção de soja na Amazônia, o crescimento econômico, a sustentabilidade ambiental e a inclusão social. Dados recentes indicam que a produção brasileira de soja atingiu 167,369 milhões de toneladas em 2024/2025, em uma área plantada de 47,450 milhões de hectares, com produtividade média de 3.527 kg/ha, consolidando o país como maior produtor mundial dessa commodity (CONAB, 2025). Apesar da relevância econômica do agronegócio, os benefícios desse crescimento nem sempre são distribuídos de forma

equitativa, uma vez que empresas estrangeiras detêm parcela significativa do mercado da soja, enquanto a participação doméstica se concentra sobretudo na terra e na mão de obra (Medina, 2022). Ademais, a expansão da soja tem gerado conflitos territoriais envolvendo comunidades tradicionais, pequenos agricultores e povos indígenas.

A questão norteadora deste trabalho é: qual é o padrão de comportamento dos indicadores econômicos, sociais, ambientais e de infraestrutura dos municípios situados ao longo da rota de exportação de soja BR-364–Rio Madeira? Para responder a essa questão, o estudo adota uma abordagem estatística multivariada, integrando indicadores econômicos, sociais, ambientais e de infraestrutura, com o objetivo de identificar padrões territoriais e compreender como o escoamento de commodities influencia o desenvolvimento regional. Parte-se da hipótese de que essa diferenciação territorial manifesta-se não apenas em termos econômicos, mas também por meio de assimetrias sociais e pressões ambientais, com implicações diretas para a sustentabilidade do desenvolvimento territorial ao longo do corredor.

O objetivo geral da dissertação consiste em investigar o padrão de comportamento dos indicadores econômicos, sociais, ambientais e de infraestrutura dos municípios localizados ao longo da rota BR-364–Rio Madeira, analisando como a atividade de escoamento da soja influencia o desenvolvimento territorial. Como objetivos específicos, busca-se: (i) apresentar a fundamentação teórica que sustenta o estudo; (ii) estruturar um banco de dados e definir as premissas de modelagem no software Orange; (iii) discutir os padrões de comportamento dos indicadores socioeconômicos, ambientais e de infraestrutura; e (iv) identificar os municípios que apresentaram avanços ou vulnerabilidades associadas à intensificação do transporte de soja.

A dissertação está organizada em cinco capítulos. O primeiro apresenta a introdução, com a contextualização do tema, a problemática, a hipótese, a justificativa e os objetivos. O segundo capítulo reúne o referencial teórico. O terceiro descreve a metodologia adotada. O quarto desenvolve o estudo de caso da rota BR-364–Rio Madeira, apresentando e discutindo os resultados empíricos. Por fim, o quinto capítulo sintetiza as conclusões, destacando implicações, limitações e perspectivas para pesquisas futuras.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Este capítulo organiza o referencial teórico, conceitual e metodológico do estudo de forma integrada, de modo a sustentar tanto a construção da abordagem analítica quanto a interpretação empírica do estudo de caso desenvolvido nos capítulos subsequentes.

O presente Referencial Teórico tem como objetivo estabelecer a base conceitual e analítica necessária à compreensão dos padrões de desenvolvimento territorial e sustentabilidade associados ao escoamento da soja ao longo da rota BR-364–Rio Madeira. Para tanto, o capítulo articula contribuições teóricas e empíricas que abordam, de forma integrada, as relações entre transporte, logística, agronegócio, desenvolvimento territorial e sustentabilidade, com ênfase em contextos amazônicos e de fronteira agrícola. Inicialmente, discutem-se os fundamentos do transporte sustentável em ambientes urbanos e aquaviários, situando o debate nas dimensões econômica, social e ambiental. Em seguida, examinam-se as interações entre infraestrutura de transporte, organização territorial e expansão do agronegócio no Centro-Oeste brasileiro, destacando o papel estruturante dos corredores logísticos. O capítulo avança ao analisar a expansão da soja e a reconfiguração das redes logísticas nacionais, com especial atenção ao Arco Norte e à integração rodoviário-fluvial. Posteriormente, são apresentadas as técnicas de análise multivariada e de agrupamento utilizadas no estudo, justificando sua adequação para identificar padrões territoriais complexos. Por fim, são discutidos os principais indicadores socioeconômicos, ambientais e de infraestrutura que fundamentam a análise empírica, evidenciando sua relevância para captar as múltiplas dimensões do desenvolvimento e da sustentabilidade ao longo do corredor logístico investigado

2.1 Transporte e sustentabilidade em contextos urbanos e aquaviários

O transporte constitui uma necessidade estruturante das sociedades contemporâneas, ao viabilizar o acesso a bens, serviços e oportunidades, mas sua expansão acelerada tem intensificado desafios ambientais, sociais e econômicos, sobretudo em áreas urbanas e em sistemas aquaviários integrados às cadeias logísticas. O setor de transportes responde por cerca de 25% das emissões globais de dióxido de carbono e apresenta crescimento do consumo energético e de poluentes superior ao de outros setores, agravando problemas como poluição do ar, ruído, congestionamentos e

acidentes, com efeitos diretos sobre a saúde e a qualidade de vida nas cidades (Heidari; Eshlaghy; Hoseini, 2023). Em contextos aquaviários, embora o transporte hidroviário seja frequentemente associado a ganhos de eficiência energética e custos logísticos, a intensificação do tráfego e das operações portuárias também pode ampliar pressões ambientais e conflitos de uso, especialmente em territórios sensíveis.

A incorporação do debate da sustentabilidade ao campo dos transportes consolidou-se com o Relatório Brundtland, ao afirmar que o desenvolvimento deve conciliar crescimento econômico, justiça social e preservação ambiental World Commission on Environment and Development – WCED (UNITED NATIONS, 1987). Aplicado aos sistemas de transporte, esse enquadramento implica tratar a sustentabilidade como uma construção multidimensional. Na dimensão ambiental, destaca-se a necessidade de reduzir emissões de gases de efeito estufa, controlar poluentes atmosféricos, conservar recursos naturais e mitigar efeitos do aquecimento global. Na dimensão social, a sustentabilidade envolve segurança viária, saúde pública, acessibilidade e justiça social no acesso aos serviços de mobilidade e transporte. Na dimensão econômica, a análise incorpora eficiência financeira, redução de custos operacionais, apoio ao crescimento econômico e equidade na distribuição dos benefícios logísticos (Heidari; Eshlaghy; Hoseini, 2023).

Nessa direção, Chrzanowski (2018) propõe que a sustentabilidade no transporte seja examinada a partir de três pilares fundamentais — viabilidade econômica, preservação ambiental e desenvolvimento social — que, embora interdependentes, frequentemente apresentam tensões. Esse trade-off torna-se evidente quando soluções tecnológicas ambientalmente mais limpas demandam investimentos elevados, mudanças regulatórias e adaptação operacional. Tecnologias como veículos elétricos e sistemas baseados em hidrogênio representam avanços relevantes, mas ainda suscitam incertezas quanto à viabilidade operacional e econômica em larga escala, sobretudo em cadeias extensas e territorialmente complexas.

Sob a ótica organizacional e setorial, a integração da sustentabilidade às estratégias de transporte tende a produzir efeitos simultâneos: redução de emissões e externalidades negativas, incremento de competitividade, agregação de valor às cadeias produtivas e melhoria das condições de trabalho. Nesse sentido, Leoneti, Nirazawa e Oliveira (2016) argumentam que o desenvolvimento sustentável no setor de transportes se consolida quando há equilíbrio efetivo entre as dimensões ambiental, social e econômica, evitando que ganhos logísticos e econômicos sejam obtidos à custa de degradação ambiental e vulnerabilização social. Essa perspectiva é particularmente

relevante em cadeias vinculadas ao agronegócio e em regiões próximas a rios e ecossistemas sensíveis, onde operações logísticas podem intensificar pressões sobre a integridade ambiental e sobre populações locais.

O conceito de *Triple Bottom Line* (TBL), proposto por John Elkington (1994), reforça essa abordagem ao ampliar o entendimento de sustentabilidade para além do desempenho financeiro, incorporando simultaneamente as dimensões social, ambiental e econômica. A síntese nos 3Ps — *People, Planet and Profit* — sustenta que projetos, empresas e cadeias produtivas devem ser avaliados não apenas pelos resultados econômicos, mas também pelos impactos sobre a sociedade e os ecossistemas (Dainienė; Dagilienė, 2015). No contexto de cadeias produtivas intensivas em logística, como aquelas associadas à soja, esse enfoque é especialmente relevante porque a expansão produtiva e o aumento dos fluxos de transporte tendem a elevar pressões sobre recursos naturais, infraestruturas locais e condições de vida.

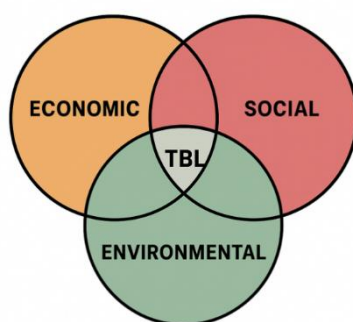
Em complemento, Voltolini (2021) argumenta que as empresas são crescentemente instadas a superar uma lógica estritamente mercadológica e incorporar práticas efetivas de gestão ambiental e social. Mudanças climáticas e impactos associados ao uso intensivo de água, energia e insumos têm ampliado exigências por controle de emissões, redução de desperdícios e mitigação de externalidades que afetam populações e ecossistemas. Nessa perspectiva, compromissos ambientais e sociais tornam-se fatores de competitividade e condicionam a percepção de consumidores e investidores no mercado doméstico e internacional. Assim, a adoção de práticas sustentáveis no transporte não se limita a um requisito normativo ou reputacional, mas integra a estratégia empresarial em setores cuja operação se dá em territórios ambientalmente sensíveis e socialmente vulneráveis. Ao sintetizar esses argumentos, a sustentabilidade no transporte pode ser compreendida como um campo que exige decisões sob restrições e trade-offs, em que eficiência logística, integridade ambiental e equidade social devem ser tratadas de forma integrada. A Figura 1 ilustra esses pilares (ambiental, econômico e social), servindo como referência conceitual para a análise do equilíbrio entre dimensões no contexto dos sistemas de transporte e logística.

2.2 Transporte, desenvolvimento territorial e agronegócio no Centro-Oeste

A soja ocupa posição central na dinâmica recente do agronegócio brasileiro. Em 2024 e 2025, a produção nacional alcançou 167,369 milhões de toneladas, em 47,450 milhões de hectares, com produtividade média de 3.527 kg/ha, consolidando o Brasil

como maior produtor mundial da commodity (CONAB, 2025). Esse desempenho se articula ao papel do agronegócio no crescimento econômico nacional e à sua contribuição para o PIB, combinando expansão de escala, ganhos tecnológicos e integração crescente aos mercados internacionais. Nesse sentido, análises setoriais indicam que a competitividade da cadeia produtiva resulta de investimentos contínuos em pesquisa, inovação e aprimoramento técnico, os quais impulsionaram produtividade e capacidade de escoamento (CNT, 2015).

Figura 1 – Pilares da Sustentabilidade: ambiental, econômico e social



Fonte: Elaboração feita pelo Autor (2025), baseado no TBL de John Elkington.

No interior dessa trajetória, o Centro-Oeste consolidou-se como principal polo de produção agrícola desde a década de 1980, com rápida expansão da fronteira agrícola e difusão de tecnologias de alto rendimento. A partir do início dos anos 1990, a região assumiu liderança nacional na soja, com forte protagonismo do estado de Mato Grosso. A economia mato-grossense ancora-se majoritariamente na agropecuária e abriga o maior rebanho bovino do país, estimado em 34,2 milhões de animais (IBGE, 2022), mas é a produção e exportação de grãos que organiza o eixo dominante de especialização produtiva e torna a infraestrutura logística um fator decisivo para eficiência do escoamento e competitividade global.

Esse padrão produtivo impõe pressões sobre os sistemas de transporte. Dados do IBGE apontam que Mato Grosso respondeu por cerca de 28% da produção nacional de soja em 2021, o que intensifica demandas por soluções logísticas mais eficientes e por diversificação de rotas. O crescimento do volume escoado tem tensionado a capacidade do transporte rodoviário e ferroviário, associado a congestionamentos, elevação de custos e dificuldades operacionais, estimulando a busca por alternativas e por rearranjos na rede de circulação (Costa; Soares-Filho; Nóbrega, 2022; Tobias, 2024). Nessa perspectiva, transporte e desenvolvimento territorial não se conectam apenas por

“suporte” ao agronegócio, mas por efeitos estruturantes que reordenam fluxos, redes urbanas e usos do solo.

A literatura sugere que a infraestrutura de transporte atua como condicionante do desenvolvimento regional ao reduzir custos de transação, ampliar acessibilidade e reforçar a integração entre áreas rurais e urbanas, contribuindo para atrair investimentos e dinamizar mercados de trabalho (Prus; Sikora, 2021). Em termos analíticos, tal relação pode ser interpretada como um processo coevolutivo: territórios e infraestrutura se moldam mutuamente, na medida em que estradas, ferrovias e hidrovias reorganizam o espaço econômico, enquanto a demanda por escoamento induz a abertura e o reforço de novas rotas (Raimbault, 2019). Essa chave interpretativa é particularmente útil para compreender corredores logísticos associados ao agronegócio, em que ganhos de eficiência convivem com efeitos territoriais desiguais.

Além do plano econômico, a expansão das redes de transporte repercute na organização urbana e na provisão de serviços. A ampliação de rodovias, ferrovias, portos e aeroportos tende a estimular urbanização e reconfigurações do ordenamento territorial, exigindo planejamento para absorver pressões sobre saúde, educação, saneamento e habitação (Chanieabate *et al.*, 2023). Embora a conectividade possa favorecer mobilidade e integração entre centros produtivos e mercados, a ausência de governança territorial e de coordenação intersetorial pode amplificar congestionamentos, degradação ambiental e ocupação desordenada do solo (Akabane *et al.*, 2023). No caso do Centro-Oeste e de seus corredores de escoamento, essas dinâmicas aparecem como externalidades do próprio ciclo de expansão produtiva.

Do ponto de vista ambiental, a ampliação da infraestrutura e dos fluxos de transporte associa-se a impactos como aumento da poluição atmosférica e intensificação de pressões sobre ecossistemas (Guo *et al.*, 2020). Por isso, estratégias de sustentabilidade e resiliência tornam-se relevantes para compatibilizar expansão logística, redução de impactos e integração com políticas ambientais, incorporando tecnologias mais limpas e critérios de planejamento de longo prazo (Ikram; Sadki, 2024). Ao mesmo tempo, o transporte afeta diretamente a qualidade de vida ao condicionar o acesso a oportunidades de trabalho, educação e serviços básicos; territórios com infraestrutura precária tendem a enfrentar maiores dificuldades de deslocamento, reforçando desigualdades socioeconômicas (Kaiser; Barstow, 2022). Assim, políticas públicas de melhoria e expansão da rede podem favorecer desenvolvimento regional equilibrado, desde que promovam distribuição inclusiva dos benefícios da mobilidade (Chanieabate *et al.*, 2023; Prus; Sikora, 2021).

A literatura também destaca que a melhoria do transporte pode induzir novas atividades econômicas e atrair investimentos para áreas antes pouco acessíveis, ampliando emprego e renda local (Alhassan; Anciaes, 2025). A provisão de infraestrutura — estradas pavimentadas, ferrovias, hidrovias e aeroportos — tende a elevar a atratividade para empresas, com efeitos indiretos sobre construção civil, comércio e serviços (Alotaibi *et al.*, 2021; Andrade; Maia; Neto, 2015). Em complemento, a integração territorial por meio do transporte pode reduzir desigualdades regionais ao conectar áreas isoladas a mercados mais amplos, diminuindo custos de circulação, ampliando oportunidades de negócios e fortalecendo economias locais (Chein *et al.*, 2021; Pokharel; Bertolini; Brommelstroet, 2023). Contudo, tais ganhos dependem da manutenção e modernização contínuas da infraestrutura; quando isso não ocorre, a degradação das vias e a ineficiência logística elevam custos e comprometem competitividade no longo prazo (Prus; Sikora, 2021; Pokharel; Bertolini; Brommelstroet, 2023).

Por fim, os efeitos sociais e urbanos da intensificação logística não são automáticos nem uniformes. A chegada de empreendimentos e de força de trabalho temporária pode alterar estruturas comunitárias, elevar custo de vida e acentuar desigualdades; em certas situações, mudanças rápidas sem planejamento se associam a aumento de violência, consumo de drogas e prostituição (Lopes; Lima; Reis, 2021). Em paralelo, a pressão sobre infraestrutura urbana pode induzir crescimento desordenado nas cidades próximas a eixos logísticos e portos, ampliando demanda por moradia, serviços públicos e mobilidade, com risco de ocupações irregulares e sobrecarga de hospitais e escolas (del Cerro Santamaría, 2020). Em síntese, a relação entre transporte, desenvolvimento territorial e agronegócio no Centro-Oeste é multifacetada: o transporte opera como vetor de eficiência econômica e integração regional, mas também como elemento crítico que exige governança, planejamento e políticas integradas para que ganhos produtivos não ampliem vulnerabilidades socioambientais nos territórios implicados.

2.3 Surgimento e expansão do escoamento de grãos no Centro-Oeste

A expansão recente da produção de grãos no Brasil está diretamente associada à crescente demanda internacional, com destaque para o mercado chinês. Ferreira Filho (2023), com base em dados da Organização das Nações Unidas para a Alimentação e Agricultura (FAO), indica que o comércio agroexportador global alcançou

aproximadamente US\$ 1,8 bilhão em 2021, representando crescimento de 7,3% em comparação com o início dos anos 2000. Essa evolução ampliou as cadeias produtivas e acelerou a incorporação de tecnologias em segmentos tradicionalmente vinculados a commodities, como grãos, oleaginosas, proteínas animais e bioenergia. Nesse contexto, Caldeira, Lopes e Gasques (2023) e Vieira Filho (2022) enfatizam a posição de destaque ocupada pelo Brasil no comércio agrícola internacional, particularmente pela relevância de culturas como soja e milho.

De acordo com WeszJunior *et al.* (2021), a soja passou por um processo expressivo de expansão entre a segunda metade do século XX e o início do século XXI, impulsionado principalmente pelo aumento da demanda chinesa. Esse crescimento, além de ampliar a produção, induziu transformações na infraestrutura logística nacional, uma vez que o aumento do volume exportado exigiu redes de escoamento mais extensas e eficientes. A partir dessa dinâmica, o Centro-Oeste — com ênfase para o norte do estado de Mato Grosso — intensificou a busca por rotas alternativas de exportação, ampliando o papel de corredores logísticos voltados ao escoamento de grãos. Nesse movimento, o Oeste do Pará, na Amazônia brasileira, consolidou-se como uma das principais opções, convertendo-se em área de novas fronteiras agrícolas e de expansão da infraestrutura de transporte, ao conectar o agronegócio brasileiro a interesses de mercados internacionais, como o chinês (WeszJunior *et al.*, 2021). Essa articulação espacial entre o mercado consumidor chinês e os principais portos brasileiros de exportação de soja é sintetizada na Figura 2.

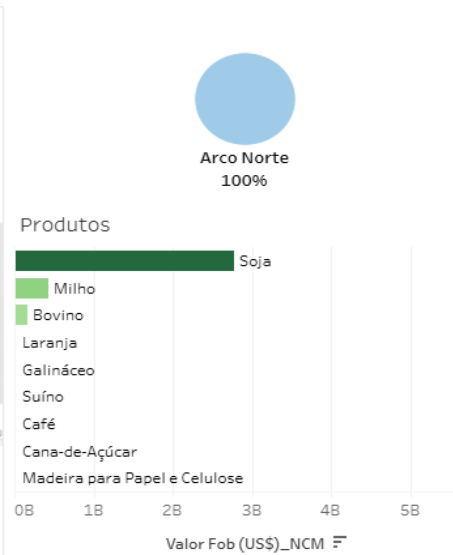
A trajetória da expansão agrícola no Centro-Oeste é frequentemente relacionada às políticas nacional-desenvolvimentistas do século XX e ao avanço da agricultura moderna a partir da década de 1970, caracterizada pelo uso intensivo de tecnologias e recursos naturais e por menor dependência relativa de mão de obra (Pires, 2020). Na década de 1980, a soja havia se expandido para o Centro-Oeste, cuja participação na produção nacional saltou de menos de 2% para cerca de 20% (EMBRAPA, 2022). Entre 2000 e 2020, observa-se também a intensificação da expansão para a Região Norte, com aumento de 73 mil para 1,9 milhão de hectares plantados, reforçando a interiorização produtiva e a necessidade de redes logísticas mais diversificadas (WeszJunior *et al.*, 2021). Esse processo consolidou o Centro-Oeste como um dos principais polos de produção de grãos — especialmente soja, milho e algodão — e evidenciou a urgência de corredores eficientes para suportar volumes crescentes de escoamento (Vieira Filho, 2022).

Figura 2 - Mercado Consumidor Chinês da soja e Portos de Exportações de soja do Brasil

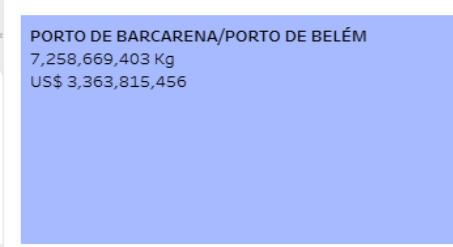
Origens da Exportação



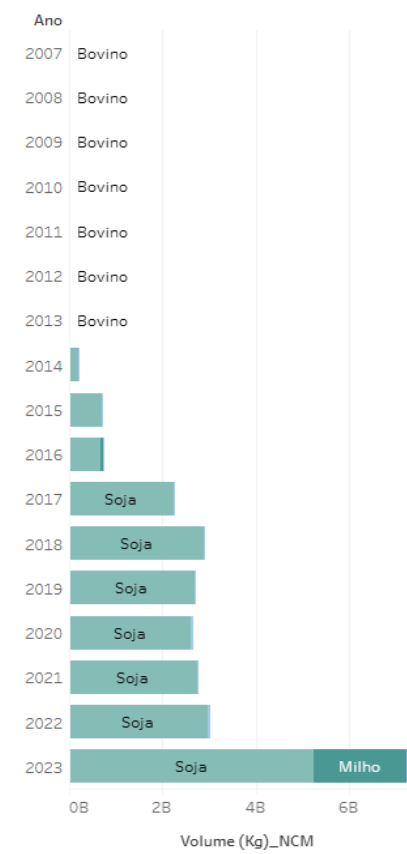
Arcos



Pontos de Escoamento



Distribuição do volume exportado

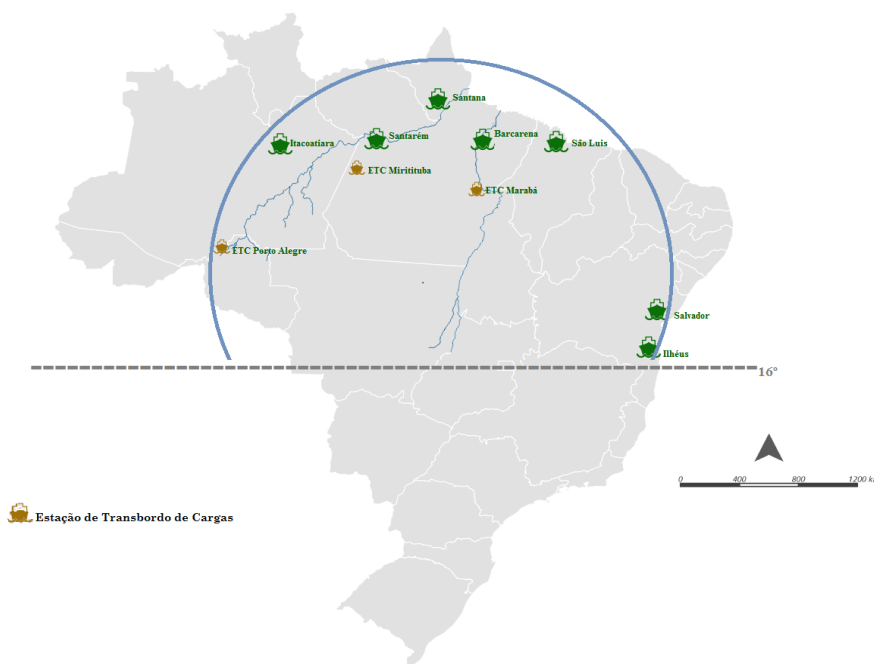


Fonte: EMBRAPA (2025).

Tradicionalmente, a logística de exportação de soja concentrou-se nos portos do Sul e Sudeste. Llorca, Lima e Lopes (2018) indicam que cerca de 80% da soja brasileira foi escoada por essas regiões, com destaque para Santos e Paranaguá. Observa-se, contudo, o crescimento do fluxo em portos do Norte — Vila do Conde, Itacoatiara, Miritituba (Itaituba), Santarém e Santana — que passaram a integrar o Arco Norte e a responder por parcela significativa das exportações de soja, indicando a reconfiguração da rede portuária e dos corredores de exportação.

Para WeszJunior *et al.* (2021), o Arco Norte, apresentado na Figura 3, representa uma alternativa mais eficiente para o escoamento de grãos destinados à China, ao reduzir distâncias em comparação com rotas que direcionam a carga aos portos do Sul e Sudeste, os quais enfrentam desafios logísticos relevantes para ampliar exportações. Em paralelo, a navegação fluvial vem se consolidando como eixo logístico central para conectar áreas produtivas do interior aos portos exportadores, com efeitos econômicos associados à redução de custos logísticos e ao aumento de eficiência do fluxo de grãos, o que contribui para competitividade no mercado internacional (Vilarinho *et al.*, 2024). Essa vantagem tem estimulado investimentos em infraestrutura portuária e em soluções intermodais, favorecendo modernização de terminais, ampliação de corredores e integração entre modais, especialmente rodoviário e ferroviário (Hanaoka; Regmi, 2011).

Figura 3 – Projeto Arco Norte



Fonte: Ministério da Agricultura e Pecuária (2025). Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/politica-agricola/infraestrutura-e-logistica/infraestrutura-e-logistica>.

Segundo o Ministério da Agricultura e Pecuária (2025), o Arco Norte corresponde a uma linha imaginária que atravessa o território brasileiro no Paralelo 16° Sul, passando próximo a Ilhéus (BA), Brasília (DF) e Cuiabá (MT). Os portos de maior interesse para o agronegócio nesse segmento incluem Itacoatiara (AM), Santarém e Barcarena (PA), Santana (AP), São Luís (MA), Salvador e Ilhéus (BA). A relevância desse arranjo logístico relaciona-se, em grande medida, às condições geográficas e hidrográficas da Região Norte. Sales (2024) destaca que a região abrange Amazonas, Pará, Rondônia, Roraima, Acre, Amapá e Tocantins, representando quase 45% do território nacional, com predominância de rios — notadamente o rio Amazonas, com mais de 6.400 km de extensão — o que torna a navegação fluvial um modal essencial tanto ao escoamento de produtos quanto à mobilidade de comunidades isoladas.

Além dos efeitos logísticos, a expansão do transporte fluvial apresenta impactos econômicos locais. Sales (2024) argumenta que o crescimento dessa atividade influencia a geração de empregos no setor de logística e transporte e em atividades correlatas, como manutenção de embarcações, armazenamento e distribuição de insumos. Esse dinamismo pode estimular comércio e indústria em cidades ribeirinhas e ampliar oportunidades para a população, mas também introduz desafios associados à necessidade de planejamento urbano e à mitigação de impactos ambientais gerados pela intensificação da circulação e das operações logísticas.

Apesar dos avanços, persistem limitações estruturais na rede de escoamento e na intermodalidade. Vilarinho *et al.* (2024) apontam que a superação de deficiências logísticas demanda investimentos em infraestrutura de transportes, incluindo construção e pavimentação de rodovias, ferrovias e hidrovias. Kussano e Batalha (2012) destacam problemas recorrentes como má conservação de estradas, perdas de grãos no percurso, insuficiência de armazenagem nas propriedades e deficiências nas malhas hidroviárias. No caso específico da Região Norte, Silva, Araujo e Brito (2018) indicam que a precariedade da infraestrutura compromete eficiência logística e competitividade econômica, reforçando a necessidade de investimentos públicos e privados para modernização dos corredores.

Nesse sentido, a intermodalidade, entendida como o uso integrado de dois ou mais modais para transporte de cargas e passageiros, é frequentemente apresentada como estratégia para otimizar processos logísticos, reduzir impactos e fortalecer competitividade regional (Okyere; Yang; Adams, 2022). Quium (2019) argumenta que corredores de transporte podem atuar como vetores de desenvolvimento econômico equilibrado e sustentável, ao promover bem-estar das populações locais e efeitos

positivos sobre crescimento econômico, renda, emprego, equidade e inclusão social. Contudo, Silva, Araujo e Brito (2018) alertam que a ausência de estruturas intermodais adequadas limita severamente esses potenciais benefícios. Dessa forma, a consolidação de corredores verdadeiramente intermodais não apenas amplia resultados econômicos e sociais, mas também estabelece bases para um sistema de transporte mais sustentável e resiliente.

2.4 Técnicas de análise multivariada e métodos de agrupamento

As escolhas em análise multivariada dependem, em primeiro lugar, do tipo de relação entre as variáveis investigadas: dependência (quando há variável(-is) resposta prevista(s) por variáveis explicativas) ou interdependência (quando se pretende compreender padrões simultâneos e estruturas internas do conjunto de variáveis, sem definir previamente dependentes e independentes) (Favero e Belfiore, 2025; Monroy; Rivera, 2012). A Figura 4 sintetiza essa lógica decisória conforme os objetivos da pesquisa e as características do banco de dados.

No âmbito das técnicas orientadas por dependência, destacam-se a Regressão Linear, a Regressão Logística e a Análise de Correlação Canônica. A Regressão Linear modela a relação funcional entre uma variável dependente e um conjunto de variáveis independentes, enquanto a Regressão Logística trata situações em que a variável dependente é dicotômica (0/1), estimando a probabilidade de ocorrência de um evento em função de variáveis explicativas métricas (Hans-Vaughn, 2025; Zelterman, 2022). A Análise de Correlação Canônica examina associações entre blocos de variáveis, avaliando a correspondência entre conjuntos dependentes e independentes (Monroy; Rivera, 2012; Härdle; Simar; Fengler, 2024).

No âmbito das técnicas orientadas por dependência, destacam-se a Regressão Linear, a Regressão Logística e a Análise de Correlação Canônica. A Regressão Linear modela a relação funcional entre uma variável dependente e um conjunto de variáveis independentes, enquanto a Regressão Logística trata situações em que a variável dependente é dicotômica (0/1), estimando a probabilidade de ocorrência de um evento em função de variáveis explicativas métricas (Hans-Vaughn, 2025; Zelterman, 2022). A Análise de Correlação Canônica examina associações entre blocos de variáveis, avaliando a correspondência entre conjuntos dependentes e independentes (Monroy; Rivera, 2012; Härdle; Simar; Fengler, 2024).

Quando o objetivo é exploratório e baseado em interdependência, são frequentes

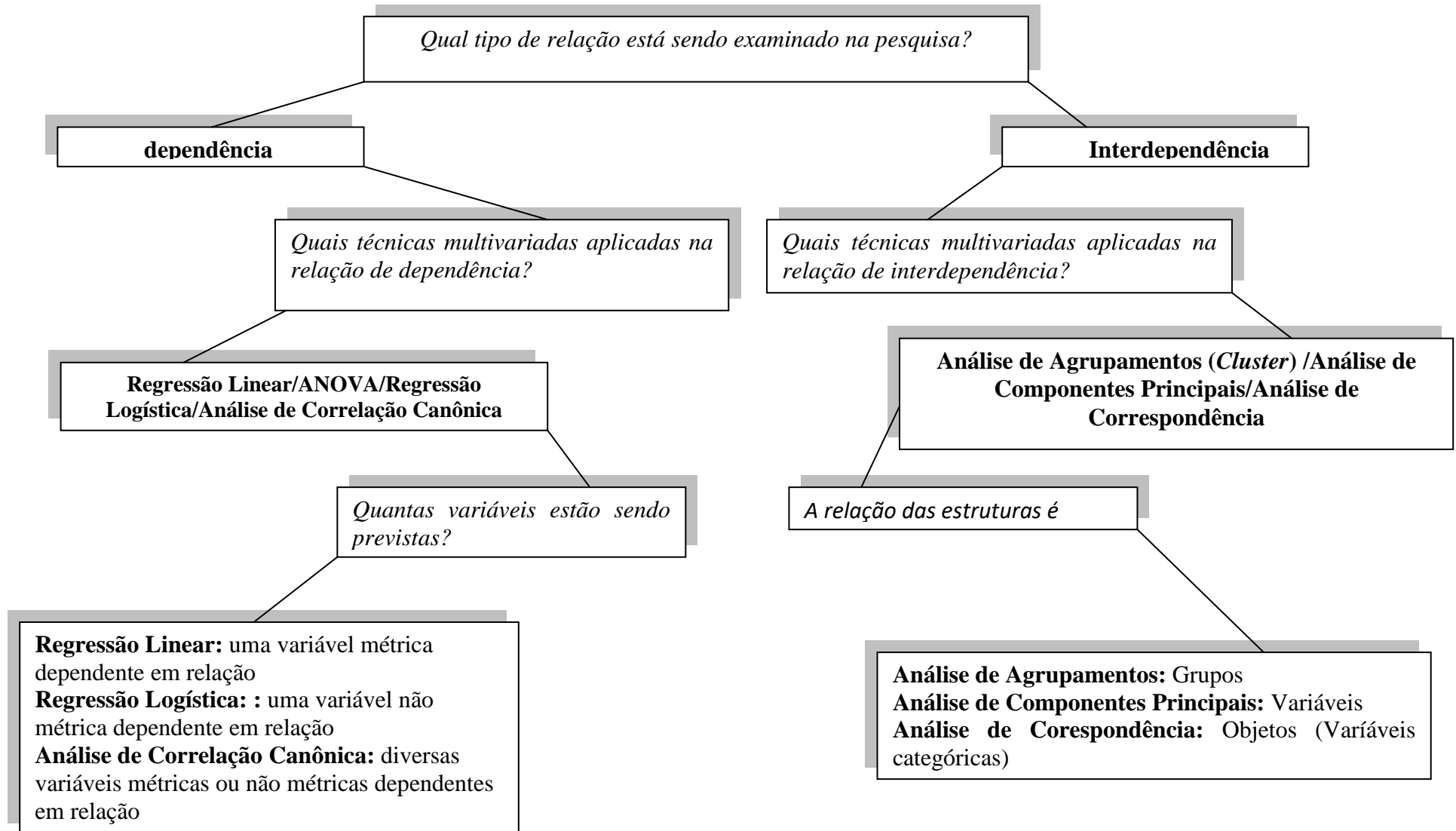
a Análise de Agrupamentos (*clusters*), a Análise de Componentes Principais (ACP) e a Análise de Correspondência. A Análise de Agrupamentos busca organizar observações em grupos internamente semelhantes e externamente distintos, podendo ser implementada por métodos hierárquicos (por exemplo, com base em distância euclidiana) e não hierárquicos (como o *k-means*) (Favero; Belfiore, 2025; Everitt, 2011). A ACP, por sua vez, é uma técnica de redução de dimensionalidade que transforma um conjunto de variáveis métricas em componentes ortogonais, ordenadas de modo a capturar, no primeiro componente, a maior variância possível dos dados, e assim sucessivamente (Favero; Belfiore, 2025; Zelterman, 2022; Adachi, 2020). Na Análise de Correspondência (simples ou múltipla), a lógica é mapear associações, produzindo fatores que explicam parcelas decrescentes da inércia total (Favero; Belfiore, 2025).

As técnicas exploratórias multivariadas podem ser entendidas como procedimentos voltados à simplificação estrutural, classificação/agrupamento e identificação de padrões, sendo a escolha também condicionada pelo nível de mensuração das variáveis (categóricas ou métricas) (Favero; Belfiore, 2025). A Figura 5 organiza essas técnicas e suas subdivisões, destacando o papel da Análise de Agrupamentos, da ACP e da Análise de Correspondência na exploração de estruturas latentes do banco de dados.

Do ponto de vista geométrico, um banco de dados pode ser representado por uma matriz $R_{n \times p}$ (Figura 6), permitindo duas leituras complementares: (i) uma nuvem de n pontos em R^p , em que cada linha representa um indivíduo no espaço das variáveis; e (ii) um feixe de p vetores em R^n , em que cada coluna (variável) é vista no espaço dos indivíduos (Cadima, 2010). Essa intuição é útil para compreender por que técnicas como ACP e agrupamentos operam como projeções e reorganizações do mesmo conjunto de informações.

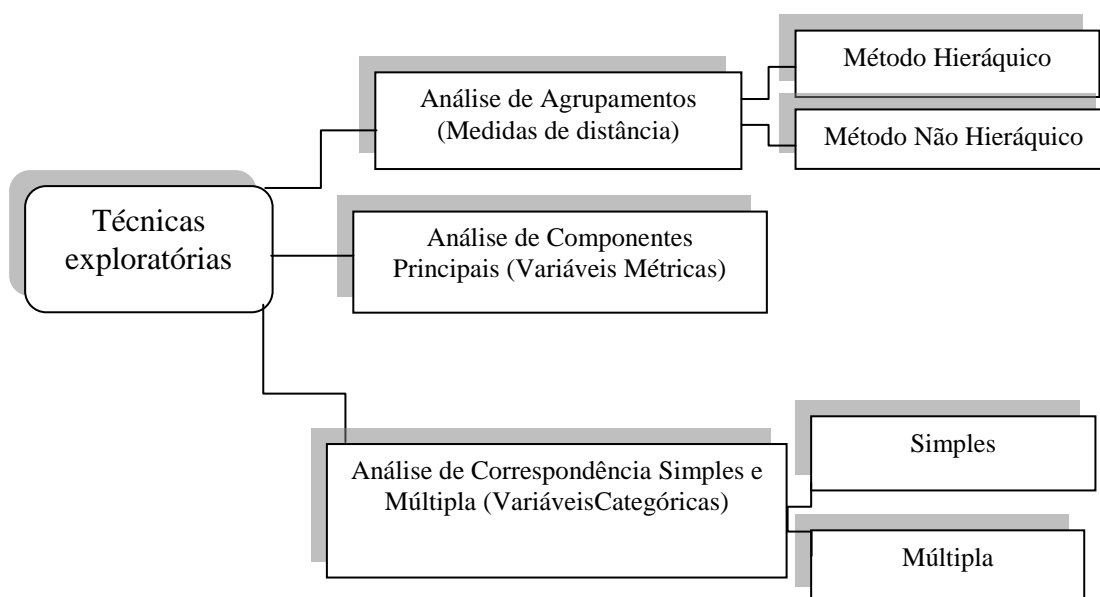
A Análise de Agrupamentos é aplicada quando se pretende verificar a existência de padrões semelhantes entre observações. Favero e Belfiore (2025) destacam dois caminhos: (a) uma estratégia exploratória, em que os grupos emergem dos dados e o número de *clusters* é avaliado posteriormente; e (b) uma estratégia confirmatória/pragmática, em que se define previamente o número de *clusters* por critério teórico ou operacional e, então, examina-se a distribuição dos casos nesse particionamento. Em bancos métricos, o agrupamento é tipicamente sustentado por medidas de distância, em que maior diferença entre valores implica maior dissimilaridade, sendo a distância euclidiana amplamente usada e associada, por

Figura 4 - Fluxograma das Decisões das Técnicas Multivariadas



Fonte: Elaborada pelo Autor (2025).

Figura 5 - Técnicas Exploratórias



Fonte: Elaborada pelo Autor (2025).

exemplo, ao método de Ward (Favero; Belfiore, 2025). Härdle; Simar e Fengler (2024) indicam que o problema pode ser expresso por uma matriz de distâncias D , na qual cada elemento representa a dissimilaridade entre objetos/observações, conforme a Equação 1.

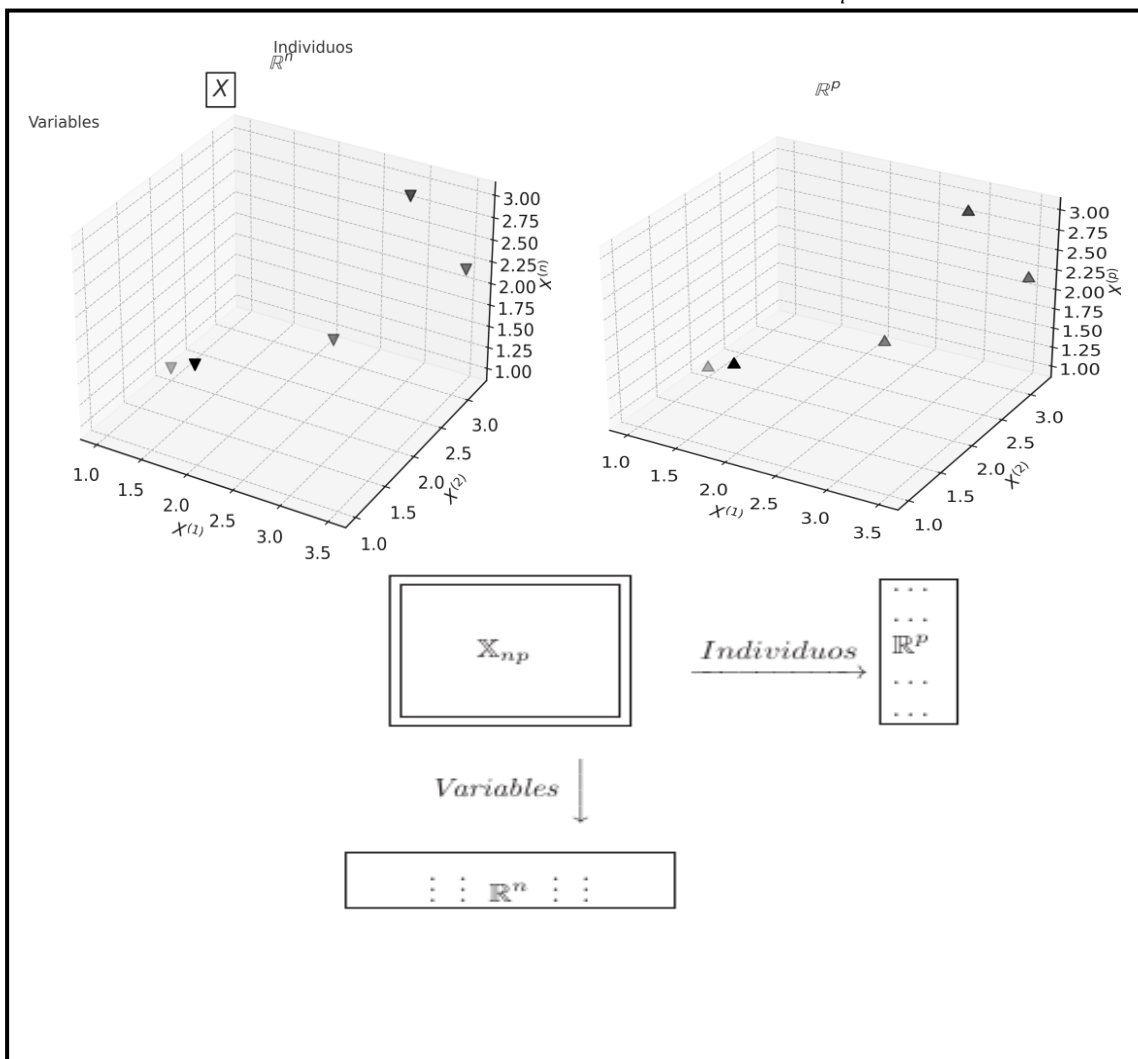
$$D = \begin{pmatrix} d_{11} & \cdots & d_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ d_{p1} & \cdots & d_{pn} \end{pmatrix} \quad (1)$$

As medidas de distância são utilizadas quando as variáveis no banco de dados forem métricas sendo que maior a diferença entre valores das variáveis maior a dissimilaridade. Nesse método aparece um arranjo de distâncias entre as cidades ribeirinhas, ou seja, se tem uma função distância euclidiana conhecida medida de Ward.

O método de Ward é um procedimento hierárquico aglomerativo que, a cada etapa, seleciona a fusão entre *clusters* que minimiza o aumento da variância intragrupo (soma de quadrados internos), favorecendo a formação de grupos mais homogêneos e relativamente compactos. Em aplicações empíricas, é recomendável atenção à presença de *outliers* e à comparabilidade de escalas, frequentemente exigindo padronização prévia das variáveis. Na lógica de *clusterização* hierárquica pós-ACP, Ward combina os grupos cuja união produz o menor incremento de variância no cluster resultante (Wani, 2024; Backhaus *et al.*, 2023), como indicado na Equação 2.

$$d_{ij} = \sqrt{\sum_{k=1}^p (X_{ik} - X_{jk})^2} \quad (2)$$

Figura 6 - Banco de dados: matriz $R_{n \times p}$



Fonte: Monroy; Rivera (2012).

Onde:

d_{ij} : distância euclidiana entre os objetos (ou clusters) i e j ;

X_{ik} e X_{jk} : valores da k -ésima variável (ou dimensão) para os objetos i e j , respectivamente;

n : número total de variáveis consideradas no cálculo da distância.

O dendrograma gerado pelo Ward tende a produzir *clusters* mais homogêneos, pois privilegia combinações que mantêm baixa variação interna. É especialmente indicado quando se quer obter grupos de forma mais compacta e balanceada — mas, por outro lado, pode ser sensível a *outliers* e requer, em geral, variáveis com escala comparável (por isso costuma-se padronizá-las antes de aplicar o método).

Complementarmente, a *clusterização* não hierárquica por *k-means* realiza particionamento em k grupos, buscando minimizar a soma das distâncias quadráticas internas aos *clusters* (Adachi, 2020). Trata-se de um método centrado em centróides, em que o resultado depende da métrica de distância e das condições de inicialização dos centróides; ainda assim, é amplamente empregado por sua simplicidade e escalabilidade (Wani, 2024; Favero; Belfiore, 2025; Härdle; Simar; Fengler, 2024). A função objetivo do algoritmo é apresentada na Equação 3 (Adachi, 2020).

$$\min_{S_1, \dots, S_k} \sum_{i=1}^k \sum_{x \in S_i} \|x - \mu_i\|^2 \quad (3)$$

Para avaliar a qualidade do particionamento e apoiar a escolha de k , utiliza-se com frequência o coeficiente de silhueta, que compara a coesão intragrupo com a separação em relação ao *cluster* vizinho mais próximo. O índice $s(i)$ confronta a distância média do ponto aos elementos do seu *cluster* com a distância média ao *cluster* alternativo mais próximo, resultando em valores próximos de 1 para observações bem alocadas e próximos de 0 para casos fronteirços (Zeltermann, 2022), presente na Equação 4.

$$s(i) = \frac{b(i) - a(i)}{\max(a(i), b(i))} \quad (4)$$

Seja $a(i)$ a distância média entre o i -ésimo ponto de dados e todos os outros pontos no mesmo *cluster*; $b(i)$ é definido como o menor valor de $d(i, C)$, considerando todos os *clusters* C dos quais o ponto não faz parte; $d(i, C)$ a distância média entre este ponto de dados e todos os pontos no *cluster* C . Zeltermann (2022) diz que se $s(i)$ for grande (próximo de um), então esse ponto está bem agrupado, ou seja, está próximo dos membros de seu próprio *cluster* e distante do *cluster* mais próximo. Da mesma forma, se $s(i)$ estiver próximo de zero, então esse ponto provavelmente está na fronteira entre dois *clusters*, ou seja, está aproximadamente à mesma distância do seu próprio *cluster* e do *cluster* vizinho mais próximo.

Por fim, a Análise de Componentes Principais (ACP) busca combinações lineares de variáveis capazes de capturar a maior variabilidade do conjunto, com ganhos interpretativos quando as variáveis originais são altamente correlacionadas. Zeltermann (2022) ressalta que a ACP pode representar um conjunto amplo de variáveis por poucas componentes, preservando parte substancial da variância.

Formalmente, as componentes são combinações lineares ponderadas, expressas na Equação 5, e sua construção decorre do cálculo de variâncias e covariâncias (ou correlações, quando padronizadas), conforme as Equações 6 e 7. O procedimento envolve a decomposição espectral da matriz de covariâncias por autovalores e autovetores (Equações 8 e 9), e a projeção dos dados no novo sistema ortogonal.

$$\begin{aligned} p_1 &= W_{11}n_1 + W_{12}n_2 + \dots + W_{1k}n_k \\ p_2 &= W_{21}n_1 + W_{22}n_2 + \dots + W_{2k}n_k \\ p_r &= W_{r1}n_1 + W_{r2}n_2 + \dots + W_{rk}n_k \end{aligned} \quad (5)$$

Onde:

p_r : r-ésimo componente principal, ou seja, a nova variável ortogonal obtida como combinação linear das n variáveis originais.

W_{rk} : coeficiente de carregamento (“loading”) da k -ésima variável original no r -ésimo componente.

n_k : é o valor (padronizado) da k -ésima variável original.

$$\begin{aligned} Var n_i &= w'_i \Sigma w_i \\ Cov(n_i, n_j) &= w'_i \Sigma w_j = 0, i \neq j \text{ entre } 1 \text{ e } r \end{aligned} \quad (6)$$

Onde:

$w_i = (W_{i1}, W_{i2}, \dots, W_{in})^T$ é o vetor de carregamentos do componente i ;

Σ é a matriz de covariâncias (ou de correlações, se as variáveis foram padronizadas);

w_j é o vetor de carregamentos do componente j .

Em particular, para $i \neq j$, $Cov(n_i, n_j) = 0$ reflete a ortogonalidade dos componentes principais.

$$s_{jk} = \frac{1}{p-1} \sum_{i=1}^n (x_{ij} - \bar{x}_j)(x_{ik} - \bar{x}_k) \quad (7)$$

Onde:

s_{jk} : covariância amostral entre as variáveis j e k ;

x_{ij} : valor da j -ésima variável na i -ésima observação;

\bar{x}_j : média dos n valores da j -ésima variável;

p : número total de observações;

$$(s - \lambda I)v = 0$$

$$\text{Ou } \det(s - \lambda I) = 0 \quad (8)$$

Onde:

s : matriz de covariância de dimensão $p \times p$ (elementos s_{jk});

λ : autovalor associado a um componente principal;

I ou I_p : matriz identidade de ordem p ;

v : autovetor correspondente ao autovalor λ .

$$PC_n^{(i)} = v_r^T(x_{ik} - \bar{x}) \quad (9)$$

Onde:

$PC_n^{(i)}$: escore do n -ésimo componente principal na i -ésima observação;

v_r : vetor unitário (autovetor) do n -ésimo componente;

x_i : vetor dos valores das p variáveis originais na i -ésima observação;

\bar{x} : vetor das médias de cada uma das n variáveis originais.

2.5 Indicadores socioeconômicos, ambientais e de infraestrutura

Pesquisas recentes demonstram que análises capazes de integrar múltiplas dimensões do desenvolvimento territorial revelam padrões de desigualdade e fragilidades estruturais que não se manifestam quando cada variável é analisada isoladamente. Lima *et al.* (2024) evidenciam que a avaliação conjunta de indicadores sociais, ambientais e de infraestrutura é essencial para captar as condições de sustentabilidade urbana na Amazônia Oriental. De forma convergente, Paraguassú-Chaves *et al.* (2022) reforçam que a mensuração simultânea de aspectos socioeconômicos e ambientais permite identificar interdependências estruturais que moldam as dinâmicas territoriais.

Para operacionalizar essa abordagem integrada, adota-se um conjunto de indicadores capaz de representar, de forma comparável entre municípios, dimensões econômicas, sociais, ambientais e de infraestrutura associadas às dinâmicas territoriais do corredor logístico. Os indicadores econômicos: como Produto Interno Bruto, Valor Adicionado Bruto setorial, valor da produção e produtividade captam o dinamismo produtivo municipal e os efeitos da especialização associada ao agronegócio. A dimensão social é representada por medidas de progresso social e por variáveis de vulnerabilidade, permitindo avaliar condições de bem-estar e desigualdades associadas ao desenvolvimento. No campo ambiental, incorporam-se variáveis de mudança de cobertura da terra e pressões antrópicas, de modo a refletir os impactos e riscos socioambientais correlatos à expansão produtiva e à infraestrutura. Por fim, a dimensão de infraestrutura e logística é contemplada por indicadores que expressam conectividade

e intensidade de fluxos, permitindo mensurar a centralidade do corredor e sua capacidade de suporte ao escoamento. A combinação dessas dimensões assegura uma leitura abrangente das heterogeneidades territoriais e fundamenta a posterior seleção e organização das variáveis utilizadas nas etapas empíricas da pesquisa.

De acordo com Wilm *et al.* (2024), destaca-se o Índice de Progresso Social (IPS), indicador adaptado para a Amazônia Legal e desenvolvido sob a liderança do Instituto do Homem e Meio Ambiente da Amazônia (Imazon). O IPS foi concebido para refletir com maior precisão a realidade regional amazônica, incorporando dimensões do bem-estar social que não são adequadamente captadas por indicadores econômicos tradicionais. Segundo Santos *et al.* (2018), o IPS constitui uma medida integrada do desempenho socioambiental de territórios em diferentes escalas — países, estados, municípios e distritos —, tendo sido desenvolvido por pesquisadores vinculados a instituições como o Instituto de Tecnologia de Massachusetts (MIT), a Universidade de Harvard (EUA) e a Universidade de Oxford (Reino Unido)..

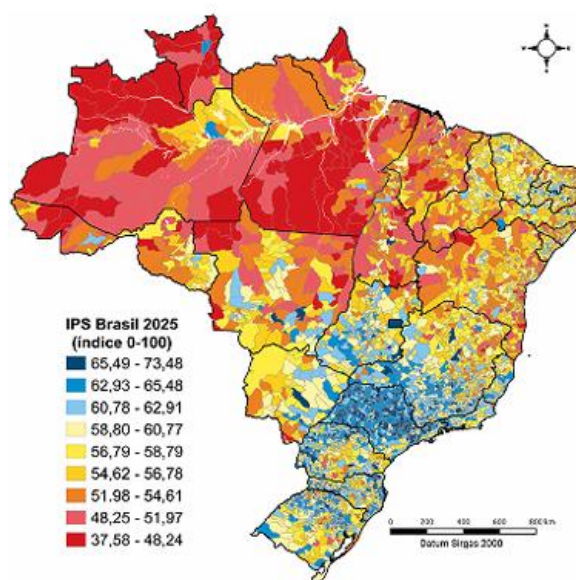
A concepção do IPS parte do pressuposto de que o crescimento econômico, isoladamente, não é suficiente para caracterizar o desenvolvimento, pois pode coexistir com exclusão social, degradação ambiental e tensões territoriais. O IPS é composto exclusivamente por indicadores sociais e ambientais, organizados em três dimensões: Necessidades Humanas Básicas, Fundamentos para o Bem-Estar e Oportunidades e desdobrados em doze componentes. A distribuição espacial do IPS no território brasileiro, bem como a estrutura dos grupos que compõem o índice, é apresentada nas Figuras 7 e 8. Dessa forma, o conjunto de indicadores selecionados neste estudo oferece uma base conceitualmente integrada para analisar as múltiplas dimensões do desenvolvimento territorial associadas ao corredor BR-364–Rio Madeira. A articulação entre variáveis econômicas, sociais, ambientais e de infraestrutura cria condições analíticas adequadas para a posterior operacionalização empírica e aplicação das técnicas quantitativas exploratórias. A descrição das fontes, do recorte temporal e do tratamento da base de dados é apresentada na Seção 3.2.

Em complemento a essa abordagem integrada, os indicadores sociais, os indicadores econômicos desempenham papel central na compreensão das transformações territoriais associadas à expansão do agronegócio. Segundo Lima *et al.* (2013), o Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) constitui uma medida amplamente utilizada para classificar regiões segundo seu progresso social ao longo do tempo, mantendo relação com o Produto Interno Bruto (PIB) enquanto indicador de desenvolvimento. No presente estudo, os indicadores econômicos foram selecionados

com base na literatura que associa a expansão agrícola ao dinamismo regional e à intensificação das pressões ambientais.

Nesse sentido, variáveis como o Produto Interno Bruto, o Valor Adicionado Bruto agropecuário, o Valor Adicionado Bruto industrial, o valor da produção de soja e a produtividade agrícola expressam o crescimento econômico municipal e sua vinculação direta com o agronegócio. Lourençoni *et al.* (2021) identificaram forte correlação entre o aumento do Valor Adicionado Bruto agropecuário, a elevação da produtividade da soja e a conversão de áreas florestais, evidenciando a pertinência desses indicadores para a análise dos efeitos da expansão produtiva sobre a configuração socioambiental da Amazônia.

Figura 7 – Índice de Progresso Social no Brasil (IPS 2025)



Fonte: IMAZON (2025).

Figura 8 – Os nove grupos do IPS 2025

GRUPO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Brasil	
IPS BRASIL	67,56	64,07	61,88	59,81	57,79	55,78	53,42	50,43	46,23	61,96	
DIMENSÕES	Necessidades Humanas Básicas	81,00	77,77	75,63	73,12	69,50	67,16	64,29	59,21	52,72	74,79
	Fundamentos do Bem-estar	69,82	67,52	65,29	63,16	61,58	59,31	56,15	53,66	48,96	65,02
	Oportunidades	51,87	46,91	44,73	43,14	42,28	40,88	39,83	38,41	37,00	46,07
	Quantidade	358	722	839	883	932	801	612	328	95	5.570
MUNICÍPIOS POR NÍVEL	Área (milhões de km ²)	156.898	378.499	558.939	750.151	948.276	1.004.721	1.511.911	1.585.937	1.601.999	8.497.332
	Área (% do país)	1,8%	4,5%	6,6%	8,8%	11,2%	11,8%	17,8%	18,7%	18,9%	100%
POPULAÇÃO ESTIMADA 2024 (HABITANTES)	Número de habitantes	64.687.158	38.880.738	29.966.484	22.004.381	21.552.152	15.126.101	11.222.589	6.619.886	2.524.261	212.583.750
	% do total do Brasil	30,4%	18,3%	14,1%	10,4%	10,1%	7,1%	5,3%	3,1%	1,2%	100%
	R\$ trilhões	3,86	1,74	1,13	0,84	0,61	0,42	0,24	0,13	0,05	9,01
PIB TOTAL 2021	% do total do Brasil	42,8%	19,3%	12,5%	9,4%	6,7%	4,6%	2,7%	1,4%	0,5%	100%
	PIB PER CAPITA (R\$/HAB.) 2021	59.627	44.818	37.676	38.317	28.215	27.498	21.657	19.099	18.563	42.393
EMISSIONES CO₂e 2023	Totais (milhões de toneladas)	721,4	190,9	187,4	208,6	247,7	243,4	347,8	313,6	276,9	2.737,9
	per capita (t CO ₂ e/hab.)	11,2	4,9	6,3	9,5	11,5	16,1	31,0	47,4	109,7	12,9

Fonte: IMAZON (2025).

O PIB pode ser obtido, conforme Lima *et al.* (2013), pelas seguintes expressões:

$$\text{PIB} = \sum \text{do Valor dos Bens e Serviços Finais de Consumo e Capital} \quad (10)$$

$$\text{PIB} = \sum \text{do Valor Adicionado em cada setor da economia (= VAB)} \quad (11)$$

Para Mourão (2008), o Valor Adicionado Bruto (VAB), também denominado Valor Agregado Bruto, constitui um conceito central na contabilidade econômica, uma vez que sua soma corresponde ao valor do Produto Interno Bruto. Assim, o cálculo do PIB pode ser expresso conforme a Equação 12:

$$\sum(\text{VAB}) = \sum (\text{Preços Finais}) = \text{PIB} \quad (12)$$

No que se refere à dimensão produtiva e logística, dados da CNA (2025) e do IBGE (2025) permitem identificar os padrões espaciais do escoamento da produção de soja e milho no território nacional. A configuração da rede logística e as áreas de maior produção são representadas, à título ilustrativo, na Figura 9, evidenciando a articulação entre os principais corredores de transporte e as regiões produtoras. Como se pode observar, a Figura 9 evidencia a forte concentração espacial da produção de soja e milho nas regiões Centro-Oeste e Sul do Brasil, bem como a articulação dessa base produtiva com os principais corredores logísticos nacionais. Observa-se que os fluxos de escoamento convergem, historicamente, para os portos do Sul e Sudeste, como Santos e Paranaguá, ao mesmo tempo em que se destacam rotas alternativas em direção ao Norte do país, associadas ao chamado Arco Norte.

A representação cartográfica permite identificar a coexistência e a complementaridade entre diferentes modais de transporte — rodoviário, ferroviário e hidroviário —, revelando uma rede logística complexa e hierarquizada, estruturada para atender grandes volumes de commodities agrícolas. Esse padrão espacial reforça a centralidade da infraestrutura de transporte na competitividade do agronegócio brasileiro e evidencia a importância estratégica de corredores logísticos intermodais para reduzir custos, ampliar a eficiência do escoamento e responder às pressões crescentes da produção agrícola em expansão.

No Mapa do Valor da Produção de Soja no Brasil em 2023, observa-se que a graduação de azul indica distintos níveis de produção, com maior concentração nos polos produtores do Centro-Oeste. Vide Figura 10. A série histórica da produção de soja,

apresentada na Figura 11, evidencia crescimento contínuo até 2023, com aceleração progressiva mesmo diante dos efeitos da pandemia da COVID-19 e das mudanças climáticas.

No âmbito ambiental, o dióxido de carbono foi incorporado como indicador por constituir o principal gás de efeito estufa associado ao setor de transportes. Segundo o IPCC (2021), esse setor responde por parcela expressiva das emissões globais, o que torna o CO₂ um indicador fundamental para estudos que investigam pressões ambientais vinculadas às atividades logísticas e produtivas. O Instituto Imazon contribuiu para a atualização das estimativas do Sistema de Estimativas de Emissões de Gases de Efeito Estufa (SEEG), classificando as emissões por setores econômicos. Vide Figura 12.

Segundo Salomão (2020), a presença de focos de calor em Terras Indígenas e Unidades de Conservação pode indicar invasões, conflitos fundiários ou uso inadequado do solo, exigindo resposta coordenada dos órgãos ambientais; além disso, os maiores índices de desmatamento concentram-se em municípios próximos a grandes eixos de infraestrutura, como rodovias federais, bem como em áreas de fronteira agrícola em plena expansão.

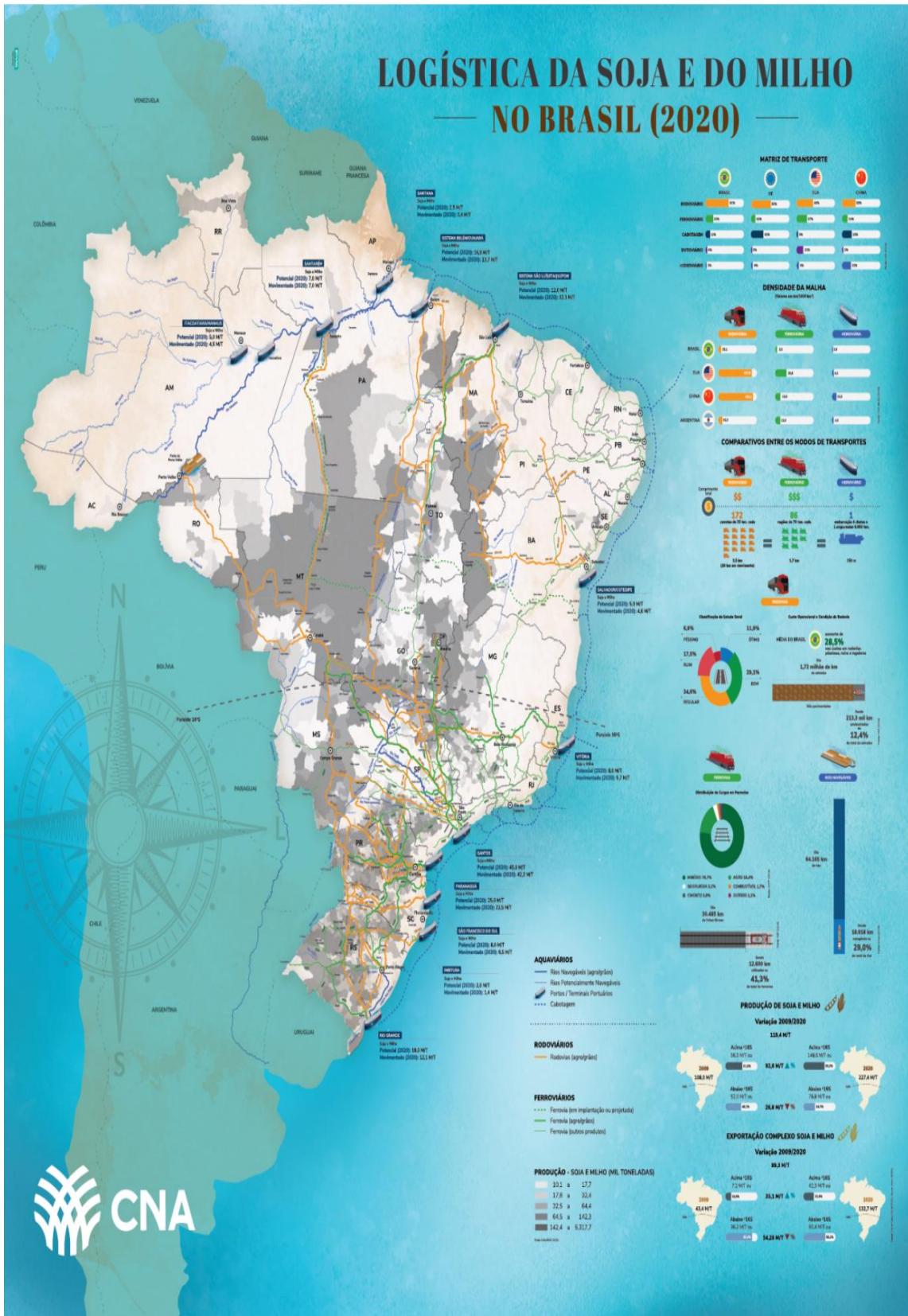
A desagregação setorial das emissões evidencia que a mudança de uso da terra lidera as emissões, seguida pela agropecuária, pelo setor energético e pelo tratamento de resíduos. A Figura 13 detalha a contribuição relativa de cada setor econômico, mostrando que a mudança de uso da terra lidera as emissões, seguida pela agropecuária, pelo uso de combustíveis fósseis e pelo tratamento de resíduos.

Em escala global, o transporte — rodoviário, aéreo e marítimo representa parcela significativa das emissões de CO₂, reforçando a urgência de políticas de descarbonização aplicadas a corredores logísticos estratégicos, como o da BR-364/Rio Madeira.

A Figura 14 amplia o olhar para o panorama global de 2018, ao destacar o transporte — rodoviário, aéreo e marítimo — como responsável por parcela significativa das emissões mundiais de CO₂, reforçando a urgência de políticas de descarbonização para corredores logísticos como o da BR-364/Rio Madeira .

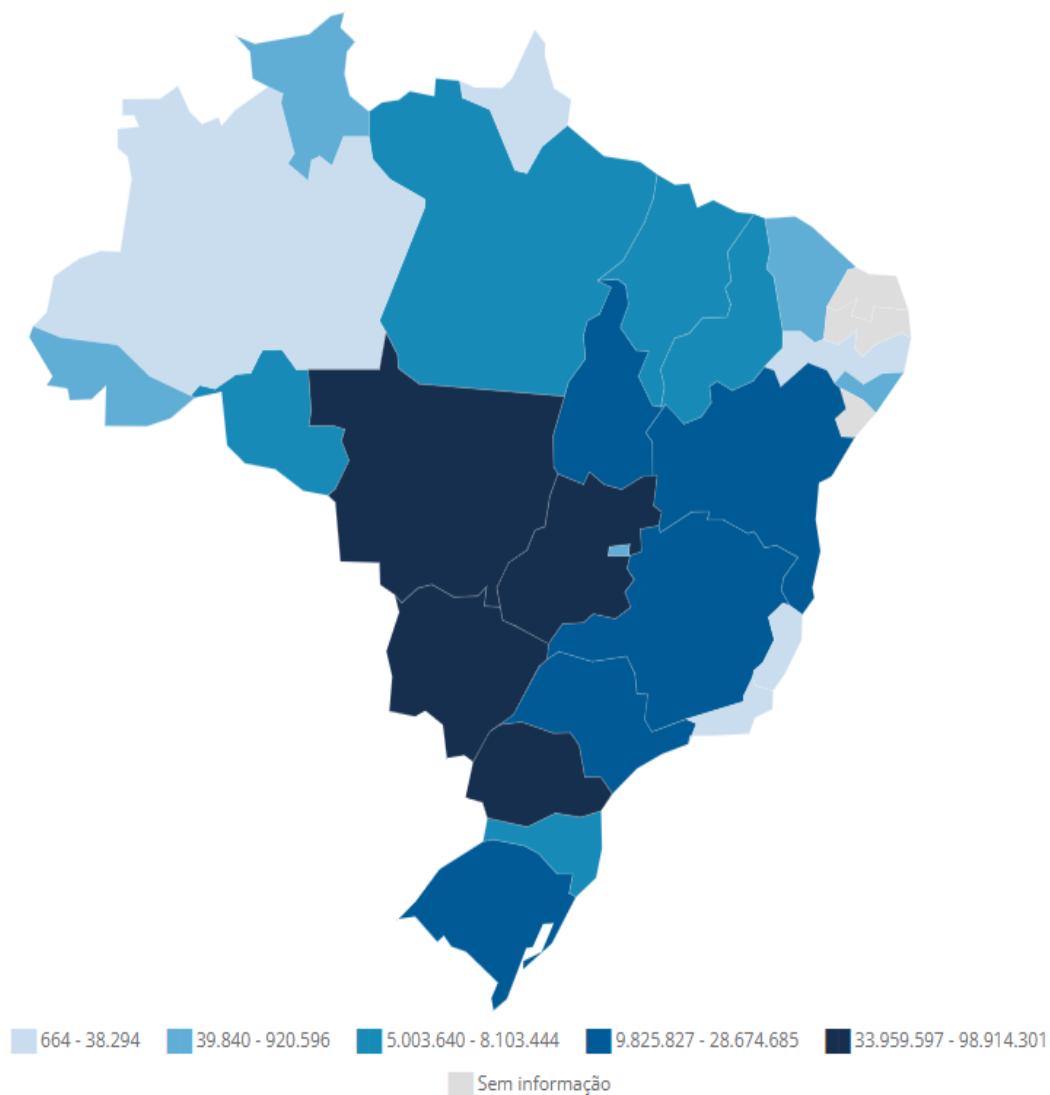
Outro indicador relevante adotado no estudo é a Tonelada-Quilômetro Útil (TKU), métrica fundamental para avaliar o desempenho dos modais de transporte. Conforme a ANTAQ (2021), a TKU expressa a produção física do transporte de cargas, sendo calculada pela multiplicação da tonelada útil transportada pela distância percorrida em quilômetros. Na Figura 15 tem-se o mapa de TKU em 2014 da navegação de cabotagem no interior do Brasil.

Figura 9 – Mapa da logística da soja e do milho no Brasil (2020)



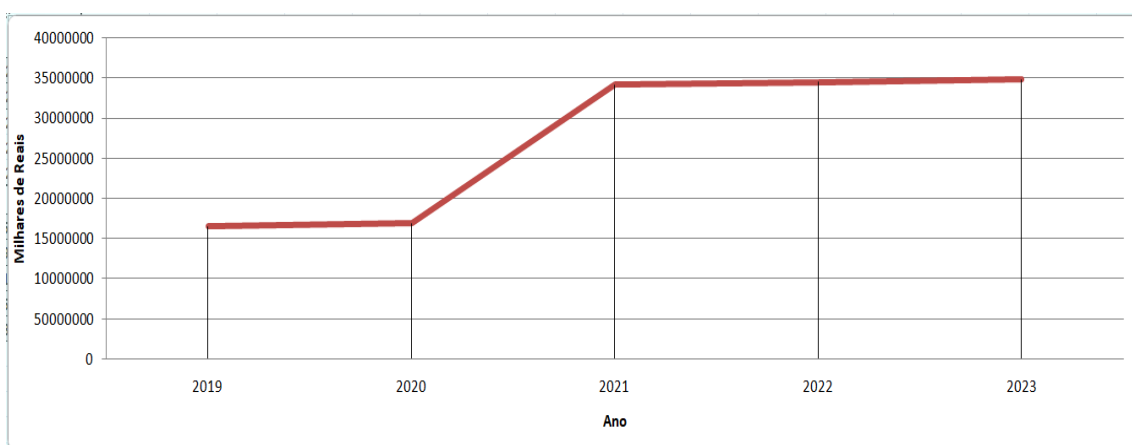
Fonte: CNA Brasil (2025).

Figura 10 – Mapa do valor da produção de soja no Brasil (2023)



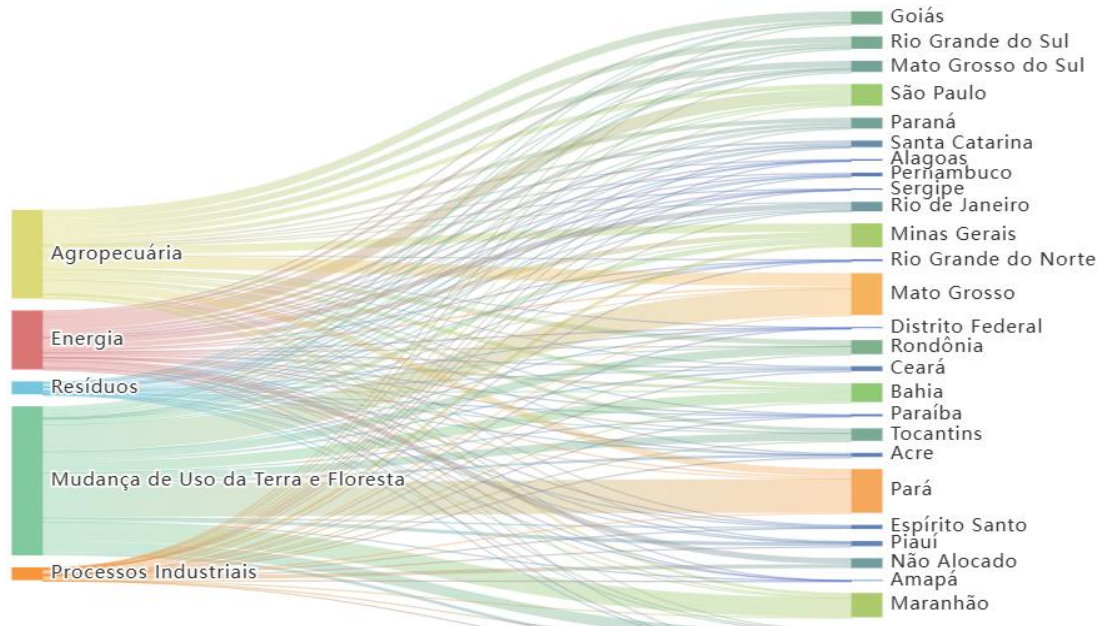
Fonte: IBGE (2025).

Figura 11 – Evolução da produção de soja no Brasil (2019–2023)







Fonte: IBGE (2025).

Figura 12 – Origens das emissões de CO₂ nos estados do Brasil



Fonte: SEEG (2025).

Figura 13 – Setores econômicos responsáveis pelas emissões de GEE

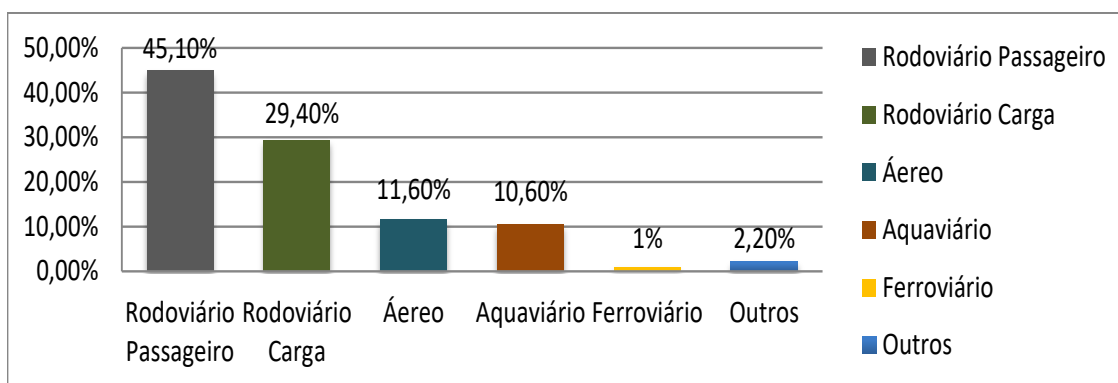
Mudança de uso da terra e florestas	Agropecuária	Energia	Tratamento de resíduos	Processos Industriais
				
Emissões e remoções oriundas das variações das quantidades de carbono (biomassa vegetal e solo), emissões de CO ₂ por aplicação de calcário em solos agrícolas e emissões de CH ₄ e N ₂ O pela queima de biomassa nos solos.	Emissões devido à fermentação entérica do gado, manuseio de dejetos animais, solos agrícolas, cultivo de arroz e queima de resíduos agrícolas.	Emissões em razão do uso de combustíveis fósseis e emissões advindas da indústria de petróleo, gás e carvão mineral.	Emissões pela disposição e queima de resíduos sólidos e pelo tratamento de efluentes domésticos e industriais.	Emissões de processos produtivos nas indústrias que não são resultados da queima de combustíveis.

Fonte: adaptado de SEEG (2025).

A Figura 15 evidencia a distribuição espacial da Tonelada-Quilômetro Útil (TKU) na cabotagem interior brasileira, permitindo identificar os principais eixos de maior intensidade no transporte hidroviário de cargas. Observa-se que os maiores valores de TKU concentram-se ao longo dos grandes sistemas fluviais navegáveis, com

destaque para a bacia Amazônica, especialmente nos rios Madeira e Amazonas, bem como em trechos estratégicos da Hidrovia Tietê–Paraná. Essa configuração revela o papel estruturante do transporte aquaviário interior na movimentação de grandes volumes de carga a longas distâncias, sobretudo commodities de baixo valor agregado e alto peso específico, como grãos.

Figura 14 – Emissões globais de CO₂ provenientes do transporte (2018)



Fonte: Adaptado de Ritchie (2020).

No contexto da Amazônia, a elevada participação do rio Madeira no TKU nacional reflete sua importância como corredor logístico fundamental para o escoamento da produção agrícola do Centro-Oeste em direção aos portos do Arco Norte, reforçando sua competitividade em relação ao modal rodoviário em termos de eficiência energética e custos logísticos. Ao mesmo tempo, a concentração espacial do TKU evidencia a dependência desses corredores fluviais de investimentos contínuos em infraestrutura, sinalização, dragagem e integração intermodal, condição essencial para sustentar o crescimento dos fluxos de exportação e mitigar gargalos logísticos ao longo das rotas de escoamento.

Formalmente, o cálculo da TKU é dado pelas Equações 13 e 14:

$$TKU = \sum_{i=1}^n TKU_i \quad (13)$$

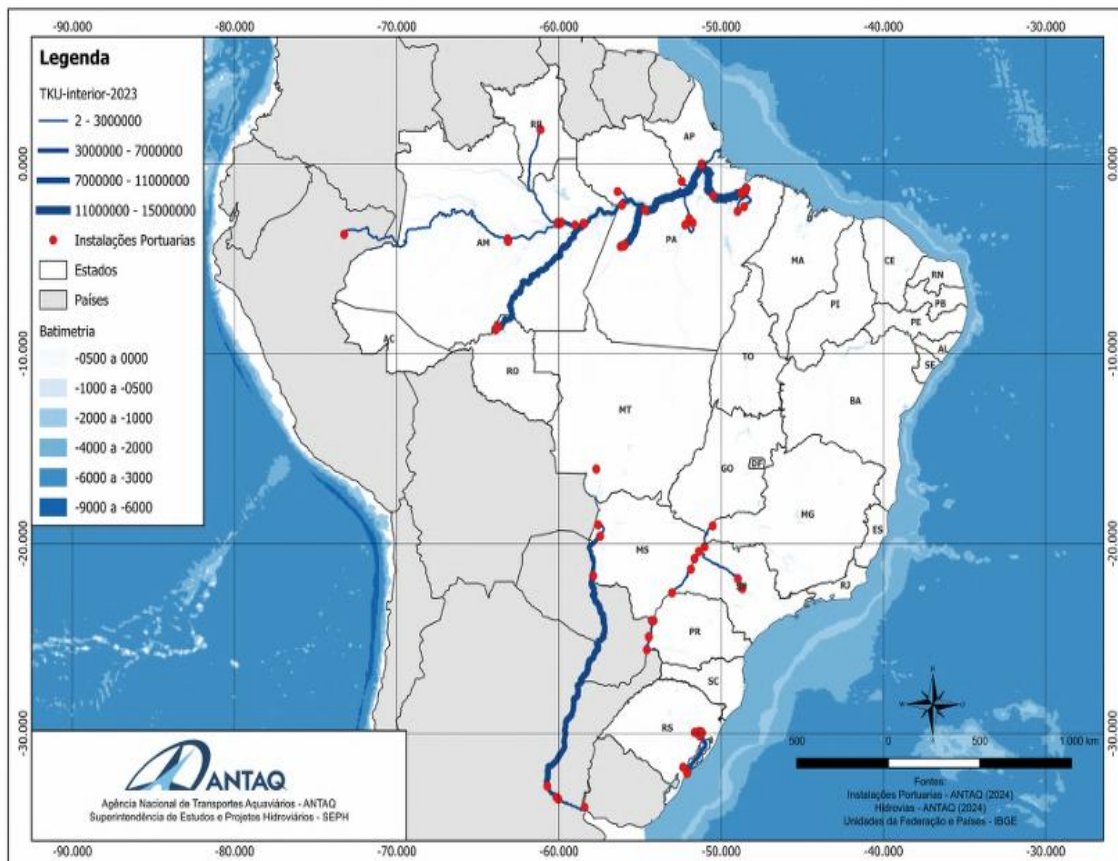
$$TKU = T_i \cdot L_i \quad (14)$$

Onde T_i corresponde à tonagem útil transportada no trecho i e L_i à extensão navegada em quilômetros.

Aragão *et al.* (2018) observaram que, mesmo com a redução das taxas de desmatamento, as emissões de CO₂ e a ocorrência de incêndios permaneceram elevadas, intensificadas por períodos de seca e pela fragmentação florestal. Silveira *et al.* (2022)

identificaram forte associação espacial entre áreas desmatadas e focos de calor, demonstrando que mais de 70% das queimadas coincidem com áreas recentemente convertidas para uso agropecuário.

Figura 15 – Mapa do TKU na cabotagem interior do Brasil



Fonte: ANTAQ (2024).

Adicionalmente, Graham, Bierkens e Vliet (2024) apontam que os focos de calor estão associados a impactos hidrológicos relevantes, como aumento da temperatura da água, redução da solubilidade do oxigênio e intensificação de reações químicas, comprometendo a qualidade dos corpos hídricos. Por fim, no contexto amazônico, a vulnerabilidade social está diretamente relacionada às transformações socioambientais decorrentes da expansão das atividades econômicas. Oliveira, Piffer e Garcia (2024) destacam que o crescimento do PIB em municípios amazônicos, como Humaitá (AM), vinculado à expansão da soja e ao fortalecimento da logística fluvial no rio Madeira, não se traduz necessariamente em desenvolvimento social equilibrado, pois há o enfrentamento das comunidades por redução de territórios, degradação ambiental, conflitos fundiários e exclusão econômica, reforçando a necessidade de abordagens integradas para compreender os efeitos da expansão do agronegócio sobre o território.

3 METODOLOGIA

Este capítulo apresenta a metodologia adotada para analisar o padrão de comportamento dos indicadores econômicos, sociais, ambientais e de infraestrutura dos municípios localizados ao longo da rota de exportação de soja BR-364–Rio Madeira, com o objetivo de compreender como a atividade de escoamento da soja se relaciona com o desenvolvimento territorial. A abordagem metodológica foi estruturada de forma coerente com o problema de pesquisa, os objetivos propostos e o referencial teórico, privilegiando técnicas quantitativas capazes de captar padrões territoriais complexos.

A pesquisa caracteriza-se como exploratória e quantitativa, fundamentada na aplicação de técnicas de Análise Multivariada sobre um conjunto de variáveis métricas provenientes de bases de dados oficiais. Foram utilizados indicadores referentes aos anos de 2017 e 2018, organizados em uma matriz de dados municipal e tratados no software Orange (versão 3.38.1). A estratégia metodológica baseia-se na utilização integrada da Análise de Componentes Principais (ACP), voltada à redução da dimensionalidade dos dados e à identificação das componentes dominantes, e da Análise de Agrupamentos (*Cluster Analysis*), empregada para identificar grupos de municípios com padrões de comportamento semelhantes ao longo do corredor logístico. O percurso metodológico adotado encontra-se sintetizado no fluxograma apresentado na Figura 16, que resume as etapas de coleta, tratamento e análise dos dados.

3.1 Objeto e delineamento do estudo

O objeto deste estudo compreende o conjunto de municípios localizados ao longo da rota de exportação de soja BR-364–Rio Madeira, eixo logístico estratégico que articula áreas de produção agrícola do Centro-Oeste brasileiro aos portos fluviais e marítimos do Arco Norte. A escolha desse corredor fundamenta-se em seu papel estruturante na reorganização dos fluxos de escoamento de grãos, bem como nos efeitos territoriais associados à intensificação das atividades logísticas, produtivas e de transporte em contextos amazônicos e de fronteira agrícola. A delimitação espacial do estudo considera os municípios diretamente inseridos ou funcionalmente articulados ao corredor rodoviário-fluvial formado pela BR-364 e pelo rio Madeira, abrangendo áreas dos estados de Mato Grosso, Rondônia e Amazonas. Essa delimitação permite capturar tanto os efeitos diretos da infraestrutura de transporte quanto as dinâmicas socioeconômicas e ambientais associadas ao escoamento da soja em escala regional. Os

59 municípios pertencentes à rota BR-364–Rio Madeira encontram-se organizados na Tabela 1, segundo os três trechos funcionais do corredor (BR-364, rio Madeira e rio Amazonas). A sua distribuição espacial e articulação territorial são apresentadas na Figura 17, permitindo a visualização geográfica dessa organização. Ainda, para uma compreensão, embora superficial, no ANEXO A tem-se uma descrição destes municípios sob aspectos sociodemográficos, históricos e geográficos.

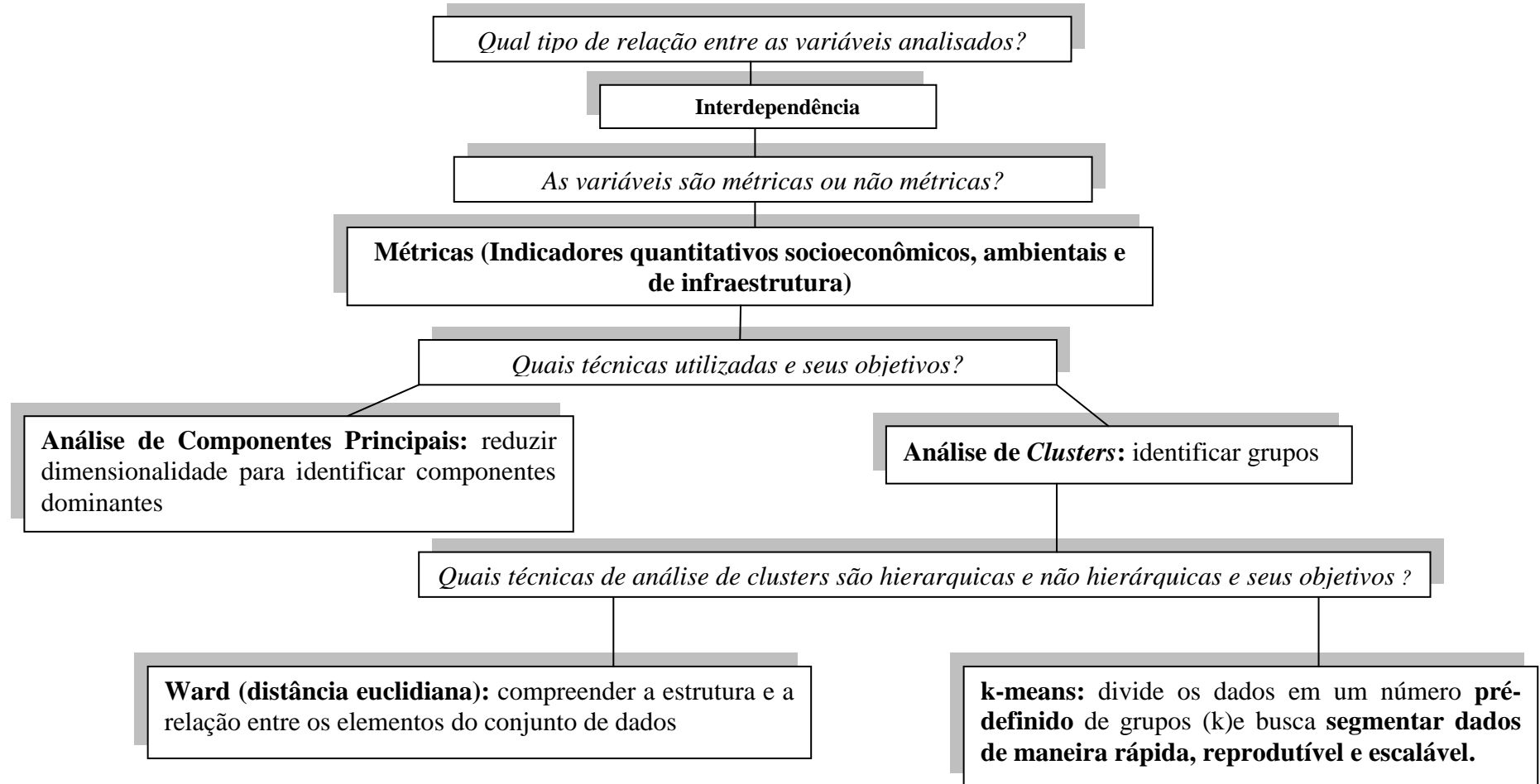
Tabela 1 - Municípios da Rota BR-364 – Rio Madeira

Municípios	Trecho
1. Rondonópolis; 2. Juscimeira; 3. São Pedro da Cipa; 4. Jaciara; 5. Campo Verde; 6. Santo Antônio do Leverger; 7. Cuiabá; 8. Jangada; 9. Várzea Grande; 10. Acorizal; 11. Rosário Oeste; 12. Nobres; 13. Diamantino; 14. Nortelândia; 15. Nova Marilândia; 16. Campo Novo do Parecis; 17. Tangará da Serra; 18. Brasnorte; 19. Sapezal; 20. Campos de Júlio; 21. Comodoro; 22. Vilhena; 23. Chupinguaia; 24. Pimenta Bueno; 25. Cacoal; 26. Presidente Médici; 27. Ji-Paraná; 28. Ouro Preto do Oeste; 29. Jaru; 30. Theobroma; 31. Cacaulândia; 32. Ariquemes; 33. Alto Paraíso; 34. Rio Crespo; 35. Cujubim; 36. Itapuã do Oeste; 37. Candeias do Jamari.	BR-364
38. Porto Velho; 39. Humaitá; 40. Manicoré; 41. Novo Aripuanã; 42. Borba; 43. Autazes; 44. Nova Olinda do Norte	Rio Madeira
45. Itacoatiara; 46. Silves; 47. Urucurituba; 48. Itapiranga; 49. Urucará; 50. Parintins; 51. Juruti; 52. Nhamundá; 53. Faro; 54. Terra Santa; 55. Oriximiná; 56. Óbidos; 57. Curuá; 58. Alenquer; 59. Santarém	Rio Amazonas

Fonte: Elaborada pelo Autor (2025).

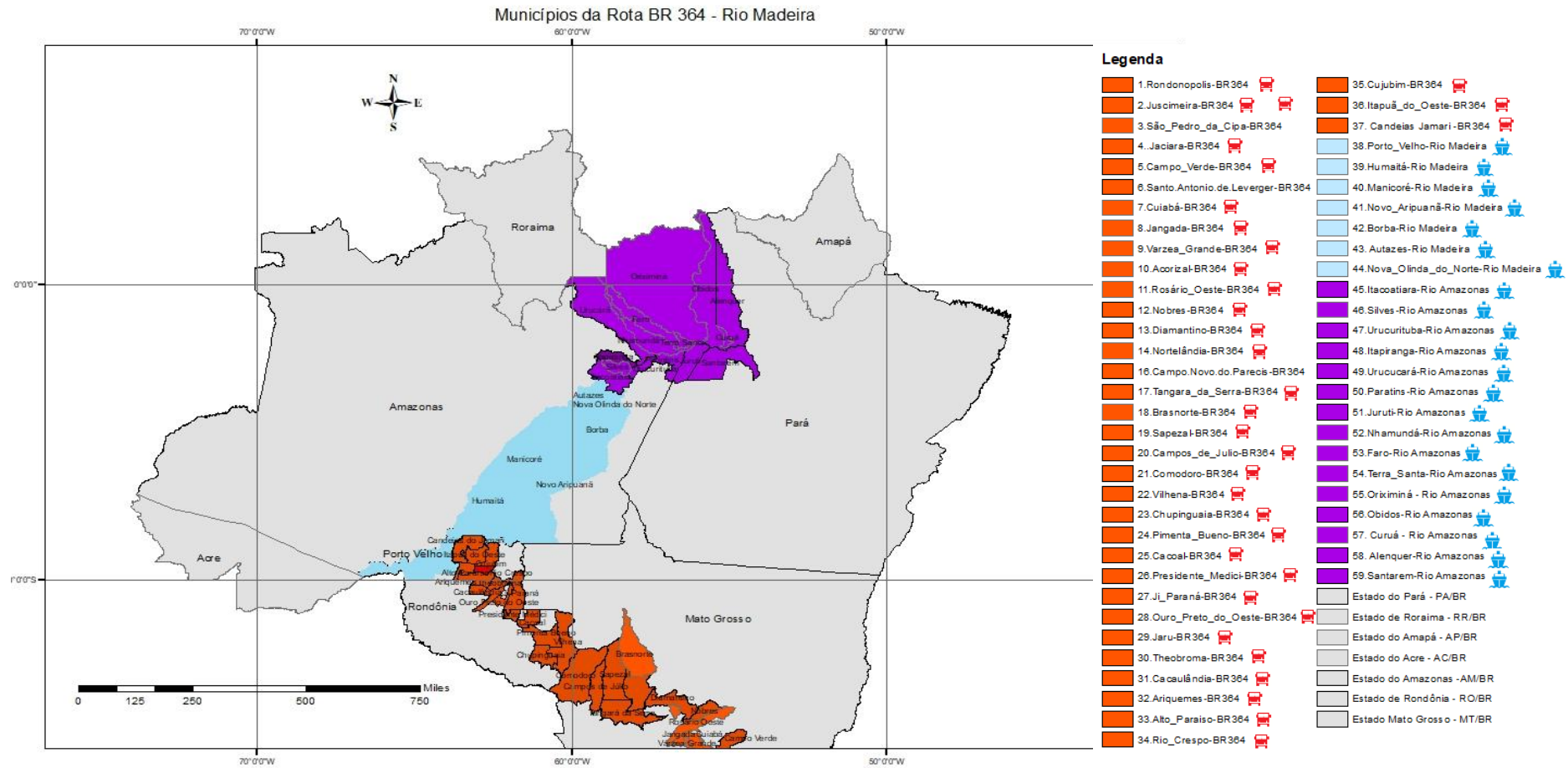
No delineamento, adota-se um critério funcional-logístico, considerando a inserção dos municípios no corredor de escoamento da soja. A pesquisa caracteriza-se como exploratória e quantitativa, estruturada para identificar padrões territoriais a partir da análise integrada de indicadores econômicos, sociais, ambientais e de infraestrutura, organizados em base municipal. O enfoque exploratório se justifica pelo objetivo de reconhecer tipologias e estruturas latentes no comportamento conjunto desses indicadores ao longo do corredor, sem pressupor, a priori, a existência de classes territoriais previamente definidas. A estratégia metodológica apoia-se em técnicas de análise multivariada, adequadas para reduzir a complexidade do banco de dados e evidenciar relações interdependentes entre variáveis métricas, permitindo sintetizar dimensões do desenvolvimento territorial e, posteriormente, agrupar municípios com perfis semelhantes. A organização do procedimento metodológico seguiu um encadeamento de etapas que parte da definição do objeto e do recorte espacial, avança pela construção e tratamento da base de dados, e culmina na aplicação das técnicas

Figura 16: Fluxograma das Técnicas Multivariadas Aplicadas no Trabalho



Fonte: Elaborada pelo Autor (2025).

Figura 17 - Municípios da rota BR-364-Rio Madeira



Fonte: Elaborada pelo Autor (2025).

Nota: A identificação numérica dos municípios corresponde à listagem apresentada na Tabela 1.

Tabela 2 - Delineamento das tarefas metodológicas

Etapa	Descrição da etapa	Procedimentos Metodológicos	Técnicas e Ferramentas	Produto/Resultado	Subseção
1	Definição do objeto e do recorte espacial	Delimitação do objeto de estudo e seleção dos municípios localizados ao longo do corredor logístico BR-364–Rio Madeira, considerando a integração rodoviária e fluvial	Análise espacial e cartográfica	Delimitação territorial do estudo e definição da área de análise	4.1
2	Levantamento e seleção de indicadores	Identificação e seleção de indicadores econômicos, sociais, ambientais e de infraestrutura, com base na literatura e na disponibilidade de dados oficiais	Revisão documental e bases oficiais (IBGE, IMAZON, INFRASA, ANTAQ)	Conjunto de indicadores selecionados para a análise	4.2
3	Coleta e organização dos dados	Extração dos dados para os municípios selecionados, padronização de nomenclaturas, verificação de consistência, tratamento de dados ausentes e construção da matriz de dados	Planilhas eletrônicas e software <i>Orange</i> v3.38.1	Base de dados municipal estruturada	4.2
4	Análise exploratória e redução da dimensionalidade	Aplicação da Análise de Componentes Principais para identificar componentes dominantes e reduzir a dimensionalidade dos dados	Análise de Componentes Principais (ACP)	Componentes principais e variância explicada	4.3
5	Agrupamento dos municípios	Identificação de grupos homogêneos de municípios com padrões semelhantes de indicadores territoriais	Análise de <i>Clusters</i> (método de Ward e <i>k-means</i>)	Tipologia territorial dos municípios	4.3
6	Análise espacial dos resultados	Sobreposição dos <i>clusters</i> ao mapa do corredor logístico para interpretação espacial dos padrões identificados	Análise espacial e cartografia temática	Mapas temáticos e leitura territorial integrada	4.4
7	Interpretação e discussão dos resultados	Análise integrada dos resultados à luz do referencial teórico, relacionando logística, desenvolvimento territorial e sustentabilidade	Análise interpretativa e comparativa	Síntese analítica dos padrões territoriais	5 - Discussão

Fonte: Elaborada pelo Autor (2025).

estatísticas e na interpretação territorial dos resultados. Esse percurso está sistematizado no Tabela2, que descreve as principais tarefas metodológicas desenvolvidas ao longo do estudo.

O encadeamento das etapas metodológicas apresentadas na Tabela 1 está diretamente articulado à estrutura do Capítulo 3. A Etapa 1, referente à definição do objeto e do recorte espacial, é desenvolvida na Seção 3.1. As Etapas 2 e 3, que tratam do levantamento, seleção, coleta e organização dos indicadores, são detalhadas na Seção 3.2. As Etapas 4 e 5, correspondentes às análises estatísticas multivariadas — Análise de Componentes Principais e Análise de Agrupamentos —, são abordadas na Seção 3.3. A Etapa 6, relacionada à análise espacial dos resultados, é apresentada na Seção 3.4, enquanto a Etapa 7, voltada à interpretação e discussão dos achados, é desenvolvida no Capítulo 4, dedicado aos resultados e à sua análise à luz do referencial teórico. Desse modo, ao articular um recorte espacial claramente definido (municípios limieiros ao corredor BR-364—Rio Madeira) e um delineamento quantitativo-exploratório baseado em análise multivariada, a metodologia proposta permite avaliar, de forma integrada, como os indicadores selecionados se comportam conjuntamente e como tais padrões podem revelar desigualdades, concentrações e vulnerabilidades territoriais associadas à consolidação do corredor logístico investigado.

3.2 Coleta de dados e construção da base analítica

A construção da base de dados deste estudo concentrou-se na elaboração de uma matriz empírica municipal consistente e comparável, alinhada aos objetivos analíticos de identificar padrões e heterogeneidades territoriais associados ao corredor BR-364—Rio Madeira. Para isso, foram priorizadas fontes oficiais e institucionais com ampla cobertura territorial e informações consolidadas, assegurando padronização conceitual e confiabilidade dos dados. As informações foram obtidas exclusivamente em bases públicas, com destaque para o IBGE/SIDRA, como referência para variáveis econômicas e demográficas; o IMAZON, para indicadores socioambientais; e a INFRA S.A., para variáveis relacionadas à infraestrutura e à logística. Essa combinação permitiu integrar, em escala municipal, dimensões complementares do desenvolvimento territorial, sem comprometer a coerência estatística exigida pelas técnicas multivariadas adotadas.

A integração dessas fontes possibilitou captar, de forma articulada, tanto os aspectos estruturais do território — associados à base produtiva, à infraestrutura e às

condições socioeconômicas — quanto os efeitos territoriais decorrentes da intensificação dos fluxos logísticos vinculados ao escoamento da soja. Dessa maneira, a base analítica construída buscou refletir não apenas o desempenho econômico dos municípios, mas também suas vulnerabilidades sociais, pressões ambientais e níveis de conectividade espacial, elementos centrais para a compreensão do papel do corredor logístico na organização territorial regional. A seleção dos indicadores foi guiada por três critérios principais: (i) pertinência analítica frente ao problema e aos objetivos do estudo; (ii) disponibilidade e completude em escala municipal para o recorte espacial definido; e (iii) compatibilidade e comparabilidade entre municípios, tanto em termos de unidade de medida quanto de consistência temporal. A Tabela 3 apresenta os indicadores utilizados, suas respectivas dimensões analíticas, o significado territorial de cada variável e a fundamentação teórica que sustenta sua escolha.

Do ponto de vista metodológico, o conjunto de indicadores foi definido de modo a atender às exigências da análise multivariada exploratória, considerando aspectos como variabilidade, potencial discriminante e possibilidade de padronização em uma matriz única. Essa configuração favorece a identificação de estruturas latentes e de agrupamentos de municípios com padrões semelhantes, reduzindo o risco de que a tipologia final seja influenciada por um único bloco de variáveis ou por medidas redundantes. Após a definição do conjunto, os dados foram coletados para os anos de 2017 e 2018, período em que se observou maior compatibilidade entre as bases consultadas, sendo inicialmente sistematizados em planilhas eletrônicas e, posteriormente, importados para o software Orange (versão 3.38.1), no qual foram realizados os procedimentos de verificação, padronização e tratamento preliminar da base, incluindo a uniformização de nomenclaturas, a checagem de consistência dos valores, a adequação das unidades de medida e o manejo de dados ausentes.

A construção da base de dados envolve limitações inerentes à disponibilidade e à compatibilidade das informações em escala municipal. A opção por uma abordagem transversal, concentrada em um recorte temporal específico, decorreu das dificuldades em obter séries históricas longas, completas e homogêneas para todos os indicadores selecionados, especialmente os de natureza socioambiental e logística, uma vez que a adoção de séries temporais implicaria a exclusão de variáveis relevantes ou de recortes espaciais distintos, comprometendo a coerência analítica. Assim, tem-se uma base transversal, construída a partir das fontes mais recentes e confiáveis disponíveis, assegurando comparabilidade entre municípios e robustez para a aplicação das técnicas exploratórias adotadas, com os indicadores apresentados na Tabela 4.

Tabela 3 - Fundamentação teórica e significado territorial de um conjunto de indicadores selecionados

Indicador (Cód.)	Dimensão	O que representa no território	Fundamentação teórica
PIB municipal; VABagro; VABind; VAB serv; VABpub; administração pública)	Econômica	Nível de dinamismo econômico e capacidade de geração de riqueza local, estrutura produtiva, especialização setorial e dependência do setor público.	Prus; Sikora (2021); Vieira Filho (2022)
Valorsoja; Prosoja	Econômica / Logística	Intensidade da especialização produtiva no agronegócio e geração potencial de fluxos logísticos.	Wesz Junior et al. (2021); Llorca; Lima; Lopes. (2018)
TKU _km ²	Logística / Infraestrutura	Esforço logístico, intensidade espacial do transporte de cargas e papel funcional do corredor.	ANTAQ (2021); Hanaoka; Regmi (2011) CNT (2015) Raimbault (2019); CNT (2015)
CO ₂ Pop; Desmatamento acumulado; Desmatamento recente; Focos de calor.	Ambiental	Pressão ambiental associada às atividades produtivas e logísticas Transformação do uso do solo em áreas de fronteira agrícola	IPCC (2021); Aragão et al. (2018) Silveira et al. (2022); Costa et al. (2022)
Pop.; ÍPS_A; GravidezInf; TrabInf; VulnerFamiliar	Social	Condições de bem-estar, vulnerabilidade socioeconômica, pressão sobre serviços públicos e desigualdades sociais.	Paraguassú-Chaves <i>et al.</i> (2022) Lima <i>et al.</i> (2023)

Fonte: Elaboração pelo Autor (2025), com base na literatura nacional e internacional sobre desenvolvimento territorial, logística e sustentabilidade ambiental.

Tabela 4 – Indicadores selecionados para análise multivariada

Código	Indicador	Descrição	Dimensão	Unidade	Fonte
IPS_A	Índice de Progresso Social Amazônia	Índice sintético de progresso social municipal	Social	Índice (0–100)	IMAZON (2025b)
Pop	População residente	População total estimada	Social	Habitantes	IBGE-SIDRA (2025)
PIB	Produto Interno Bruto	PIB municipal a preços correntes	Econômica	Mil Reais	IBGE-SIDRA (2025)
VABagro	Valor Adicionado Bruto da agropecuária	Valor adicionado da agropecuária	Econômica	Mil Reais	IBGE-SIDRA (2025)
VABind	Valor Adicionado Bruto da indústria	Valor adicionado da indústria	Econômica	Mil Reais	IBGE-SIDRA (2025)
VABserv	Valor Adicionado Bruto dos serviços	Valor adicionado dos serviços	Econômica	Mil Reais	IBGE-SIDRA (2025)
VABpub	Valor Adicionado Bruto da administração pública	Valor adicionado da administração pública	Econômica	Mil Reais	IBGE-SIDRA (2025)
ValorSoja	Valor da produção de soja	Valor bruto da produção de soja	Econômica	Mil Reais	IBGE-SIDRA (2025)
ProdSoja	Produção de soja	Quantidade produzida de soja	Econômica/ Logística	Toneladas	IBGE-SIDRA (2025)
DesmatAcum	Desmatamento acumulado	Percentual da área municipal desmatada	Ambiental	%	IMAZON (2025b)
DesmatRecente	Desmatamento recente (3 anos)	Percentual da área municipal desmatada nos últimos 3 anos	Ambiental	%	IMAZON (2025b)
CO2ePop	Emissões de CO ₂ e per capita	Emissões estimadas de CO ₂ equivalente por habitante	Ambiental	t CO ₂ e/hab	IMAZON (2025b)
FocosCalor	Focos de calor	Número de focos por 1.000 habitantes	Ambiental	nº/1.000 hab	IMAZON (2025b)
GravidezInf	Gravidez na adolescência	Percentual de mães com até 19 anos	Social	%	IMAZON (2025b)
TrabInf	Trabalho infantil	Percentual de crianças em trabalho infantil	Social	%	IMAZON (2025b)
VulnerFam	Vulnerabilidade familiar	Percentual de famílias vulneráveis	Social	%	IMAZON (2025b)
TKU_km2	Densidade de transporte de cargas	Tonelada-quilômetro útil por área	Logística / Infraestrutura	TKU/km ²	INFRA S.A. (2021)

Fonte: Elaboração feita pelo Autor (2025), a partir de IBGE-SIDRA, IMAZON e INFRA S.A.

Dessa forma, a base de dados construída e os indicadores selecionados oferecem condições analíticas adequadas para a aplicação de técnicas quantitativas multivariadas exploratórias, assegurando comparabilidade entre municípios e coerência com os objetivos do estudo. A partir dessa base empírica consolidada, procede-se à etapa de análise estatística multivariada, na qual são empregados métodos de redução de dimensionalidade e de agrupamento, operacionalizados no ambiente computacional Orange, conforme descrito na Seção 3.3.

3.3 Procedimentos analíticos multivariados no software *Orange*

Os procedimentos analíticos deste estudo foram realizados no software Orange Data Mining (versão 3.38.1), ambiente gráfico voltado à análise exploratória e multivariada de dados, amplamente utilizado em estudos territoriais por sua flexibilidade, transparência metodológica e capacidade de integração entre diferentes técnicas estatísticas. A fundamentação conceitual e metodológica desse ambiente computacional é apresentada por Demšar *et al.* (2013). A organização das etapas analíticas seguiu um fluxo estruturado de trabalho, permitindo encadear, de forma sistemática, os processos de preparação dos dados, redução de dimensionalidade e agrupamento dos municípios analisados.

O fluxo geral de análise multivariada adotado no estudo encontra-se sintetizado na Figura 18, que apresenta a disposição dos principais widgets utilizados no Orange e a sequência lógica das operações realizadas, desde a importação da base de dados até a obtenção dos resultados finais. Esse encadeamento operacional assegura a reprodutibilidade da análise e a coerência entre as etapas metodológicas descritas.

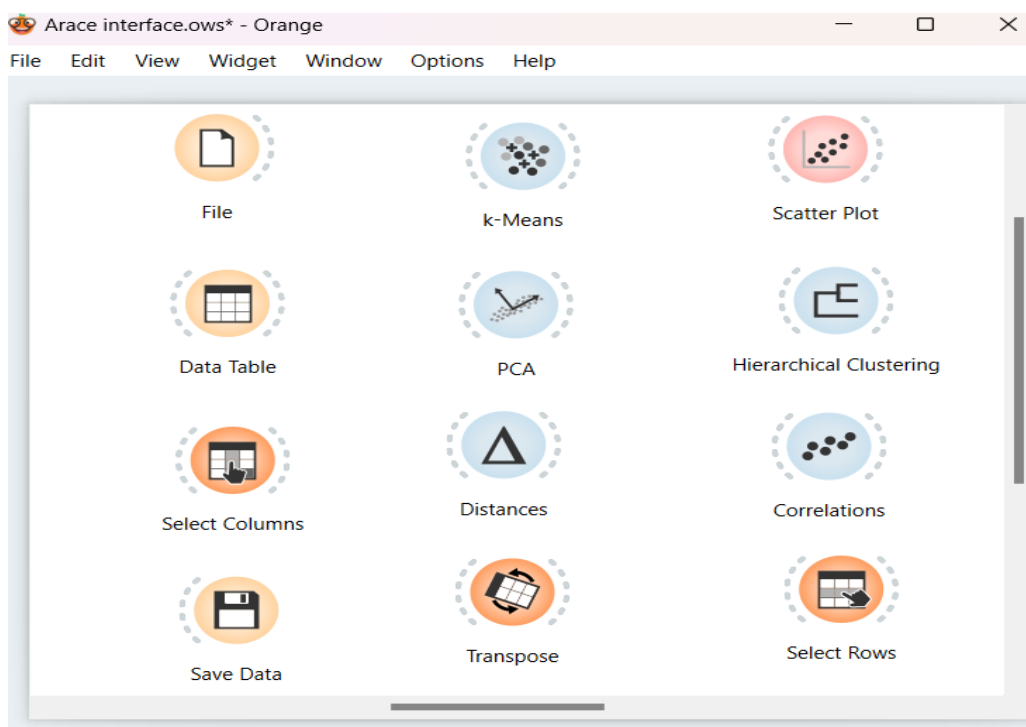
Inicialmente, considerando a heterogeneidade das unidades de medida e das ordens de magnitude dos indicadores socioeconômicos, ambientais e de infraestrutura, procedeu-se à padronização dos dados pelo método z-score, garantindo que todas as variáveis contribuíssem de forma equilibrada para as análises subsequentes. Esse procedimento é fundamental em análises multivariadas exploratórias e encontra respaldo na literatura especializada (Favero; Belfiore, 2025; Härdle; Simar; Fengler, 2024).

Em seguida, realizou-se uma análise exploratória inicial, com o uso de estatísticas descritivas e inspeções gráficas, cujo objetivo foi identificar padrões gerais, possíveis assimetrias e a presença de valores extremos. Essa etapa teve caráter diagnóstico, servindo de base para a aplicação consistente das técnicas multivariadas de

interdependência.

A Análise de Componentes Principais (ACP) foi então aplicada com o objetivo de reduzir a dimensionalidade do conjunto original de variáveis e identificar estruturas latentes associadas aos principais gradientes de variação territorial. A ACP foi conduzida a partir da matriz de correlação, adequada ao uso de variáveis padronizadas, e os componentes principais foram selecionados com base em critérios combinados, incluindo autovalores superiores à unidade (critério de Kaiser-Guttman) e a análise da variância explicada acumulada. No presente estudo, os 17 indicadores selecionados foram reduzidos a cinco componentes principais, os quais concentram parcela substancial da variabilidade total do conjunto de dados, permitindo sintetizar a complexidade multidimensional dos indicadores sem perda significativa de informação analítica. A seleção do número de componentes considerou conjuntamente o critério de Kaiser-Guttman e a variância explicada acumulada, garantindo equilíbrio entre a redução da dimensionalidade do conjunto de dados e a preservação da capacidade interpretativa do modelo.

Figura 18: Widgets do fluxo de trabalho no Orange



Fonte: extraído do software *Orange* pelo Autor (2025).

As funções dos principais widgets utilizados no fluxo analítico estão sintetizadas no Tabela5, que descreve os procedimentos executados no software Orange e suas respectivas finalidades analíticas. A utilização combinada da ACP e das técnicas de

agrupamento permitiu identificar padrões territoriais e tipologias municipais associadas às dinâmicas socioeconômicas, ambientais e logísticas ao longo do corredor BR-364–Rio Madeira, fornecendo base empírica consistente para a interpretação dos resultados apresentados no capítulo seguinte.

Tabela 5: Funções dos widgets do *software Orange*

File	Importa dados de arquivos (CSV, Excel, SQL, etc.) para o fluxo de trabalho.
k-Means	Executa o algoritmo de <i>clustering</i> k-means, agrupando instâncias em <i>clusters</i> com base em similaridade.
Scatter Plot	Cria um gráfico de dispersão para visualizar relações entre duas ou mais variáveis.
Data Table	Mostra os dados em formato de tabela interativa para inspeção manual.
ACP	Reduz a dimensionalidade dos dados mantendo a variância máxima possível. Útil para visualização e pré-processamento.
Hierarchical <i>Clustering</i>	Realiza agrupamento hierárquico, organizando dados em uma árvore (dendrograma).
Select Columns	Permite escolher quais variáveis/atributos usar ou descartar do conjunto de dados.
Distances	Calcula matrizes de distâncias/similaridades entre instâncias.
Correlations	Mostra a correlação entre variáveis numéricas.
Save Data	Salva o conjunto de dados processado em arquivo (CSV, Excel, etc.).
Transpose	Troca linhas por colunas no conjunto de dados.
Select Rows	Permite filtrar e selecionar subconjuntos de instâncias com base em condições definidas.

Fonte: Elaborado no software *Orange* pelo Autor (2025).

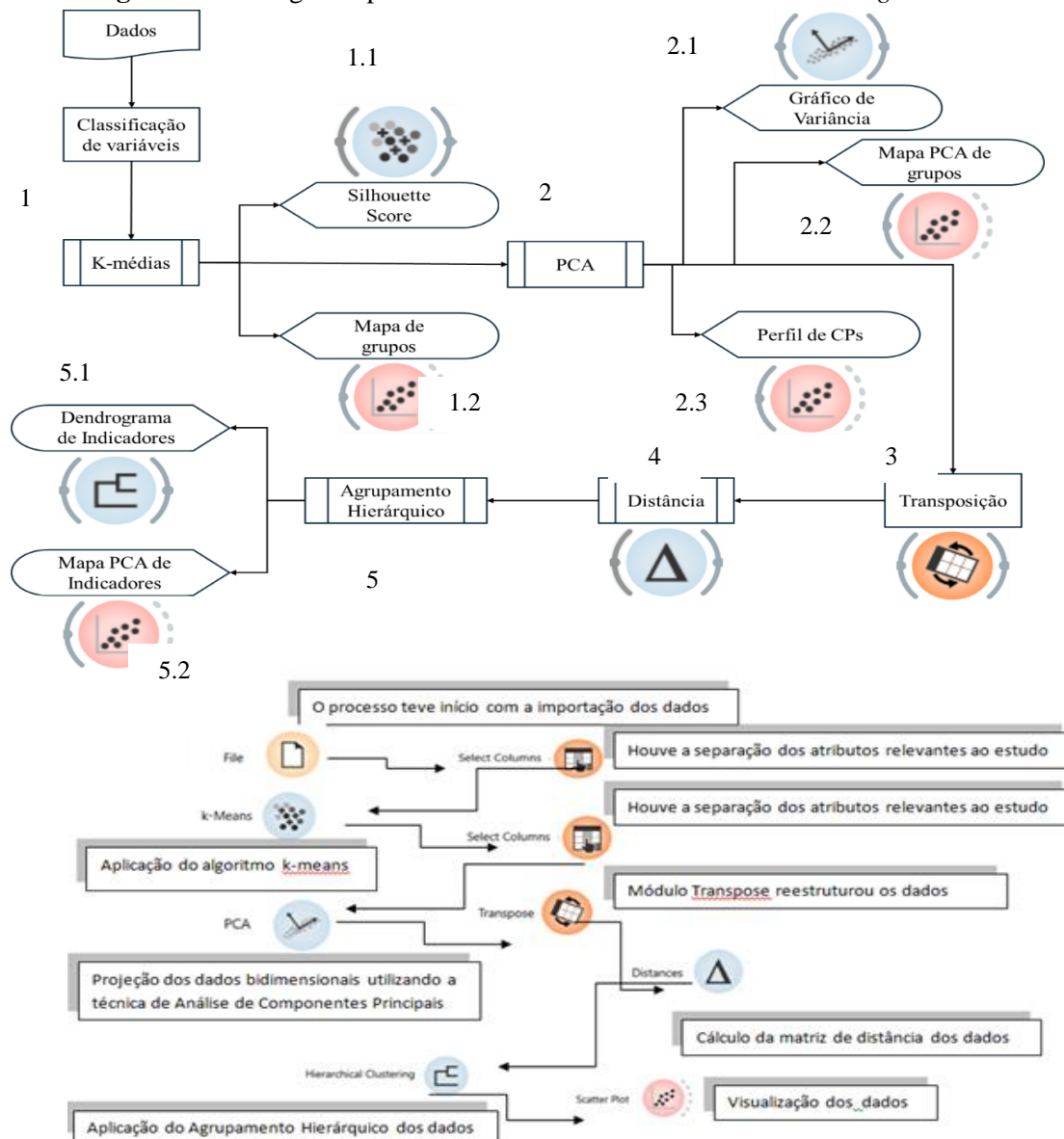
Os escores dos componentes principais, obtidos para cada município, foram utilizados tanto para a interpretação dos gradientes territoriais quanto como insumo para a etapa de agrupamento. Essa estratégia reduz problemas de multicolinearidade entre variáveis e contribui para a formação de grupos mais estáveis e interpretáveis, conforme recomendado por Favero e Belfiore (2025).

Na etapa seguinte, procedeu-se à análise de agrupamentos, utilizando o algoritmo *k-means*, método não hierárquico amplamente empregado em estudos territoriais por sua eficiência computacional e capacidade de segmentar observações em grupos relativamente homogêneos. A escolha do número ótimo de *clusters* foi orientada pelo coeficiente de silhueta, calculado no próprio ambiente do Orange, buscando maximizar a separação entre os grupos e a coesão interna dos *clusters* formados (Zelterman, 2022).

De forma complementar, realizou-se também uma análise de agrupamento hierárquico, com base na distância euclidiana normalizada e no método de ligação de Ward, permitindo explorar a estrutura hierárquica dos dados e avaliar a robustez dos agrupamentos obtidos pelo k-means. Os resultados dessas etapas encontram-se organizados de maneira integrada no fluxograma analítico apresentado na Figura 19, que detalha as conexões entre a ACP, os métodos de agrupamento e as saídas

intermediárias e finais do processo analítico.

Figura 19: Fluxograma para a análise multivariada no software *Orange*



Fonte: Elaborado no software *Orange* pelo Autor (2025).

Além de explicitar a sequência metodológica, a Figura 19 evidencia o potencial do software *Orange* como ambiente integrado de análise multivariada, ao permitir a combinação flexível entre técnicas exploratórias, métodos de redução de dimensionalidade e algoritmos de agrupamento em um mesmo fluxo analítico. Calado, Matias-Pereira e Costa (2024) exploraram dados de relatórios integrados de unidades públicas de ensino superior, empregando o Orange para pré-processamento, análise de clusters e visualizações interativas. A interface visual baseada em *workflows* favorece a rastreabilidade das etapas, a replicabilidade do procedimento e o controle sobre as transformações aplicadas aos dados, aspectos relevantes em estudos territoriais.

3.4 Metodologia replicável de análise multivariada aplicada a corredores logísticos

A metodologia desenvolvida neste trabalho foi concebida de forma a permitir a sua replicação em outros corredores logísticos, mantendo coerência analítica e flexibilidade para adaptação a diferentes contextos territoriais. Mais do que um procedimento aplicado exclusivamente ao estudo de caso da rota BR-364–Rio Madeira, a abordagem proposta configura-se como um modelo analítico estruturado, capaz de integrar múltiplas dimensões do desenvolvimento territorial associadas à logística, à produção, ao meio ambiente e às condições sociais.

A Tabela 6 sintetiza o procedimento metodológico adotado, organizado em etapas sequenciais que orientam desde a seleção e tratamento dos indicadores até a interpretação integrada dos resultados. Essa estrutura metodológica contempla: (i) a definição do recorte territorial e funcional do corredor logístico; (ii) a seleção de indicadores representativos das dimensões econômica, produtiva, ambiental, social e de infraestrutura; (iii) a aplicação de técnicas multivariadas exploratórias, com destaque para a Análise de Componentes Principais; (iv) a utilização de algoritmos de agrupamento para identificação de padrões territoriais; e (v) a interpretação dos resultados à luz do referencial teórico sobre desenvolvimento territorial e logística. Essa organização sequencial permite que o método seja reaplicado em diferentes corredores, respeitando especificidades locais sem comprometer a comparabilidade analítica.

Tabela 6: Procedimento metodológico replicável integrado, orientado à análise territorial

Etapa	Descrição da etapa	Procedimentos Metodológicos
1	Construção de Base Multidimensional	Coleta de dados públicos amplamente disponíveis conforme contexto do estudo de caso
2	Tratamento e Análise de Dados	Uso de software estatístico
3	Emprego de Técnicas Estatísticas consolidadas	Estatística Exploratória
4	Análise do recorte espacial do corredor logístico	Análise transversal ou temporal
5	Aplicação da Análise de Componentes Principais	Sintetizar a informação multivariada e identificar padrões latentes associados à logística e ao desenvolvimento territorial.
6	Aplicação de <i>Clusters</i>	Agrupar municípios segundo similaridade multivariada
7	Interpretação dos Resultados	Identificar gradientes longitudinais ou temporais, zonas de transição e áreas de concentração de impactos logísticos.

Fonte: Elaborada pelo Autor (2025).

A partir da operacionalização desse procedimento, a metodologia incorpora uma leitura tipológica dos territórios analisados, expressa por meio dos padrões de contorno

territorial. A Tabela 7 apresenta essa tipologia, que não deve ser interpretada como uma classificação empírica rígida, mas como um instrumento conceitual-metodológico destinado a apoiar a leitura integrada dos resultados da clusterização. Os padrões de contorno territorial sintetizam combinações recorrentes entre níveis de inserção logística, dinamismo econômico, especialização produtiva, pressões ambientais e vulnerabilidades sociais, permitindo compreender como diferentes perfis territoriais se organizam ao longo de um mesmo corredor.

Os padrões de contorno adotados neste trabalho não são definidos exclusivamente pela distância física à infraestrutura logística, mas pela similaridade multivariada entre os territórios analisados. Dessa forma, a delimitação do início, do término e das zonas de influência do corredor baseia-se na identificação de municípios estruturalmente influenciados pela logística de commodities, distinguindo-os daqueles cuja dinâmica territorial é predominantemente determinada por outros vetores econômicos, sociais e ambientais.

Tabela 7: Tipologia do padrões de contorno dos corredores logísticos: Critérios de inserção de Municípios

Padrão de Contorno	Condição de inserção no corredor	Função Metodológica do Modelo
Contorno Núcleo	Município atravessado pelo eixo logístico principal ou contendo nó intermodal relevante	Representa o núcleo causal dos impactos logísticos
Contorno de influência indireta	Município conectado por ramais secundários, hidrovias auxiliares ou proximidade funcional	Captura externalidades espaciais do corredor devido Inserção mediada, sem controle do fluxo principal de escoamento
Contorno de Transição	Município próximo espacialmente, mas sem integração logística funcional	Atua como grupo comparativo para isolar o efeito do corredor devido ausência de infraestrutura conectada ao eixo, baixa dependência econômica da commodity
Municípios Excluídos do corredor	Município fora do raio funcional de acessibilidade ao eixo	Evita viés de atribuição indevida de impactos – devido a distância elevada, inexistência de conexão física, econômica ou ambiental com o corredor

Fonte: Elaborada pelo Autor (2025).

A Tabela 7 mostra que a proximidade geográfica ao eixo logístico não constitui, por si só, condição suficiente para a inserção de um município no corredor. A exclusão ou classificação no contorno de transição decorre da ausência de integração funcional com a logística da commodity, evidenciada por critérios estatísticos, econômicos e ambientais. A tipologia apresentada não corresponde a uma classificação empírica fixa,

mas a um instrumento metodológico de leitura territorial, aplicável a diferentes corredores logísticos e contextos espaciais.

A articulação entre o procedimento metodológico descrito na Tabela 6 e a tipologia apresentada na Tabela 7 constitui um dos principais diferenciais da abordagem proposta. Enquanto a primeira assegura rigor analítico e replicabilidade, a segunda amplia a capacidade interpretativa dos resultados, conectando a análise estatística a uma leitura territorial substantiva. Essa combinação evita leituras unidimensionais baseadas exclusivamente em métricas de eficiência logística, ao evidenciar que ganhos econômicos, pressões ambientais e vulnerabilidades sociais podem coexistir de forma desigual no espaço.

Dessa forma, a metodologia apresentada no item 3.4 responde diretamente à necessidade de análises integradas de corredores logísticos, especialmente em contextos complexos e ambientalmente sensíveis, como a Amazônia. Ao oferecer um modelo estruturado, replicável e interpretativamente robusto, o trabalho contribui não apenas para o avanço metodológico no campo da engenharia logística e territorial, mas também para a formulação de análises comparativas entre diferentes corredores, escalas e realidades institucionais.

4 ESTUDO DE CASO

O Capítulo 4 apresenta o estudo de caso da rota BR-364–Rio Madeira, aplicando o modelo analítico multivariado proposto. São abordadas a caracterização territorial e logística do corredor, a operacionalização da base empírica e das técnicas de análise, bem como os resultados de agrupamento e dos perfis fatoriais, evidenciando padrões espaciais e heterogeneidades ao longo da rota estudada.

4.1 Caracterização territorial e logística da rota BR-364–Rio Madeira

A rota BR-364–Rio Madeira configura-se como um dos principais corredores logísticos de exportação de grãos do Brasil, ao articular áreas produtoras do Centro-Oeste — especialmente do estado de Mato Grosso — aos portos do Arco Norte por meio da integração entre os modais rodoviário e hidroviário. Esse eixo logístico desempenha papel estratégico na reorganização das rotas de escoamento do agronegócio brasileiro, em um contexto de expansão da produção de soja e de busca por alternativas aos portos concentrados nas regiões Sul e Sudeste (WeszJunior *et al.*, 2021; Vilarinho *et al.*, 2024).

Do ponto de vista territorial, o corredor estrutura-se inicialmente a partir da rodovia BR-364, que conecta o norte do Mato Grosso a Porto Velho, em Rondônia, onde se localiza um importante ponto de transbordo intermodal. A partir desse nó logístico, o escoamento da produção ocorre predominantemente pelo modal hidroviário, utilizando a bacia do rio Madeira e sua conexão com o rio Amazonas, alcançando terminais fluviais e portos estratégicos do Norte do país. Essa configuração espacial da rota, apresentada anteriormente na Figura 17, evidencia a articulação funcional entre os modais rodoviário e hidroviário e sua relevância para a integração logística entre o interior produtor e os mercados internacionais. A Figura 20 apresenta a distribuição espacial desses corredores, evidenciando a centralidade do Arco Norte e o papel crescente das rotas que articulam o Centro-Oeste à Região Norte, em especial aquelas baseadas na intermodalidade rodoviário-fluvial (MTPA, 2017; CONAB, 2025; CNA, 2025).

A área de influência direta da rota BR-364–Rio Madeira abrange um conjunto heterogêneo de municípios, incluindo centros urbanos consolidados, municípios fortemente especializados na produção agrícola e localidades ribeirinhas cuja dinâmica econômica e social depende majoritariamente da navegação interior. Essa diversidade territorial reflete diferentes estágios de inserção produtiva, níveis de infraestrutura

logística e condições socioeconômicas, resultantes de processos históricos de ocupação, expansão da fronteira agrícola e integração seletiva aos grandes eixos de transporte (WeszJunior *et al.*, 2021).

A Figura 21 delimita os municípios que compõem a rota BR-364–Rio Madeira, evidenciando a extensão do corredor e a diversidade de contextos locais envolvidos, que incluem centros urbanos consolidados, municípios predominantemente agrícolas e localidades ribeirinhas com forte dependência do transporte fluvial.

Figura 20 – Principais corredores logísticos de exportação de soja no Brasil, com destaque para o eixo BR-364–Rio Madeira e sua articulação com os portos do Arco Norte

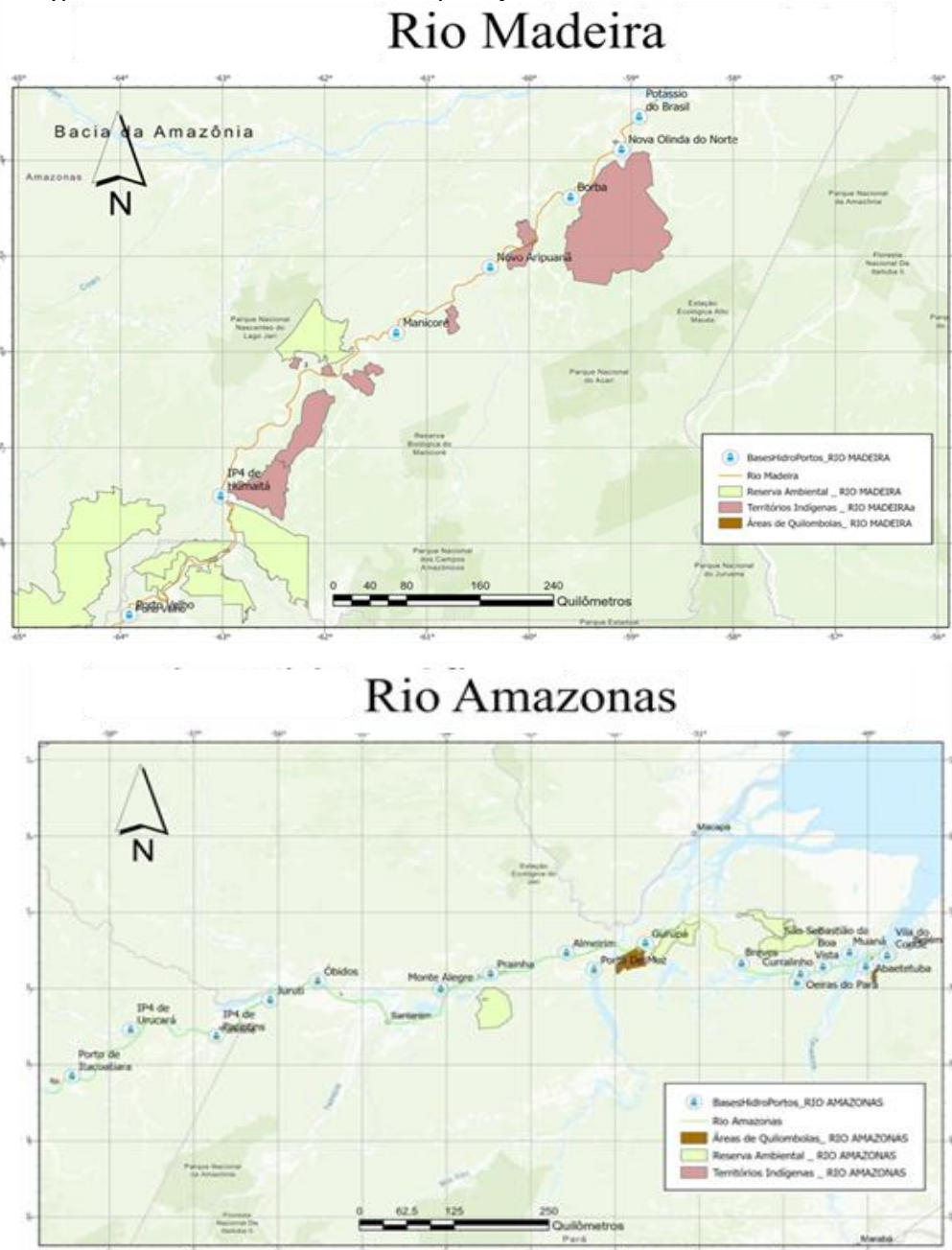


Fonte: BRASIL. Ministério dos Transportes, Portos e Aviação Civil (MTPA) (2017).

No segmento rodoviário do corredor, sobretudo no eixo norte do estado de Mato Grosso, predominam municípios intensamente integrados à cadeia do agronegócio, caracterizados por elevada produção de soja, maior dinamismo econômico e presença de infraestrutura associada ao armazenamento, beneficiamento e transporte de grãos. Esses territórios apresentam maior capacidade de articulação com os mercados nacional e internacional, embora também concentrem pressões sobre a malha viária e impactos ambientais associados à intensificação do transporte rodoviário e à expansão da fronteira agrícola (Lourençoni *et al.*, 2021). No trecho hidroviário, ao longo do rio Madeira, observa-se um conjunto de municípios cuja organização territorial está

fortemente condicionada à navegação fluvial. Nessas localidades, o transporte hidroviário desempenha papel central tanto no escoamento de commodities quanto na mobilidade regional e no abastecimento das populações locais. Apesar das vantagens econômicas desse modal, como menor custo por tonelada transportada e maior eficiência energética, esses municípios tendem a apresentar fragilidades estruturais, incluindo limitações de infraestrutura urbana, déficits de serviços públicos e maior exposição a impactos socioambientais decorrentes da intensificação do tráfego fluvial e da ampliação das atividades portuárias (Sales, 2024; Paraguassú-Chaves *et al.*, 2022).

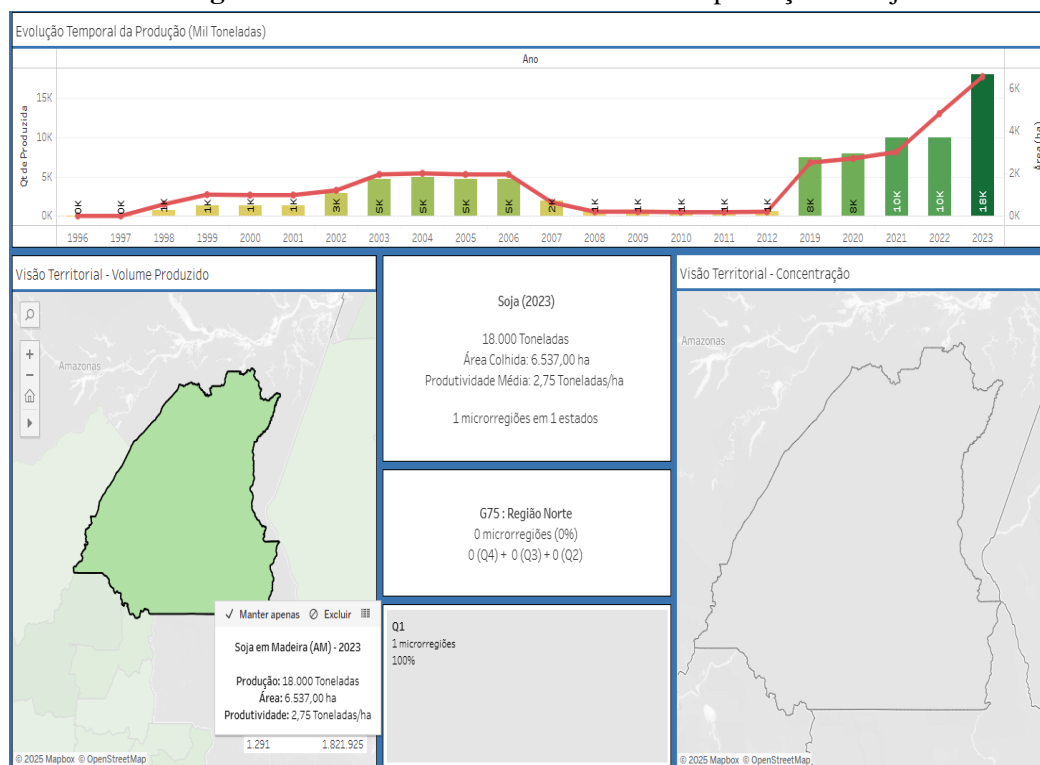
Figura 21 – Rede urbana e áreas de proteção ambiental dos rios Madeira e Amazonas



Fonte: Tobias (Coord) (2025).

A Figura 22 evidencia a sobreposição entre os principais centros urbanos, as áreas de influência logística e as unidades de conservação e terras protegidas ao longo dos rios Madeira e Amazonas. Essa configuração materializa tensões recorrentes entre a expansão das atividades logísticas, o uso do território e a preservação ambiental em áreas sensíveis da Amazônia.

Figura 22 – Bacia do rio Madeira e áreas de produção de soja



Fonte: EMBRAPA (2024). Disponível em: <https://www.embrapa.br/macrologistica/sistema/producao-agropecuaria>. Acesso em: set. 2024.

A inserção da rota BR-364–Rio Madeira no contexto do Arco Norte contribuiu para a diversificação das rotas de exportação agrícola brasileiras e para o fortalecimento da intermodalidade logística. A ampliação da capacidade portuária e a modernização dos terminais fluviais ao longo do eixo Madeira–Amazonas favoreceram a competitividade do agronegócio nacional, ao mesmo tempo em que intensificaram processos de transformação territorial nos municípios diretamente conectados ao corredor logístico (Vilarinho *et al.*, 2024).

Nesse sentido, a rota BR-364–Rio Madeira deve ser compreendida não apenas como uma infraestrutura de transporte, mas como um vetor estruturante de reorganização territorial, capaz de influenciar padrões de desenvolvimento municipal, uso do solo e condições socioambientais. A heterogeneidade observada ao longo do corredor, combinando ganhos econômicos localizados com vulnerabilidades sociais e

ambientais persistentes, fundamenta a necessidade de uma abordagem analítica integrada, capaz de captar simultaneamente múltiplas dimensões do desenvolvimento municipal, o que orienta as análises apresentadas nas seções subsequentes.

4.2 Aplicação do modelo analítico multivariado

Esta seção apresenta como o modelo analítico multivariado descrito no capítulo 3 foi aplicado ao estudo de caso da rota BR-364–Rio Madeira. O objetivo aqui é explicitar, de forma operacional e reproduzível, a base empírica utilizada, as etapas de preparação e organização dos dados, e o encadeamento das rotinas no software Orange, que sustentam as análises apresentadas nas subseções seguintes. Importa destacar que esta seção não é ainda a discussão dos resultados, mas a descrição de como foi feita a modelagem.

A aplicação do modelo parte do recorte territorial caracterizado na Seção 4.1 e se ancora na evidência de que o corredor concentra, simultaneamente, altos volumes de produção, articulação intermodal e infraestrutura logística estratégica, o que justifica o aprofundamento analítico. Nesse sentido, a distribuição municipal da produção de soja e a comparação entre trechos com maior predominância do escoamento rodoviário e do escoamento fluvial ajudam a fundamentar a escolha do eixo e a delimitação do estudo de caso.

A escolha da rota BR-364 Rio Madeira de Rondonópolis a Santarém é justificada apresentar maiores valores de produção de soja em comparação a outros corredores do arco norte. Na Figura 23 mostra a comparação da produção de soja nos municípios classificados de acordo com o tipo de corredor logístico utilizado para o escoamento: rodoviário (em azul) e fluvial/aquaviário (em verde) sendo esta figura obtida através da programação Python Google Colab.

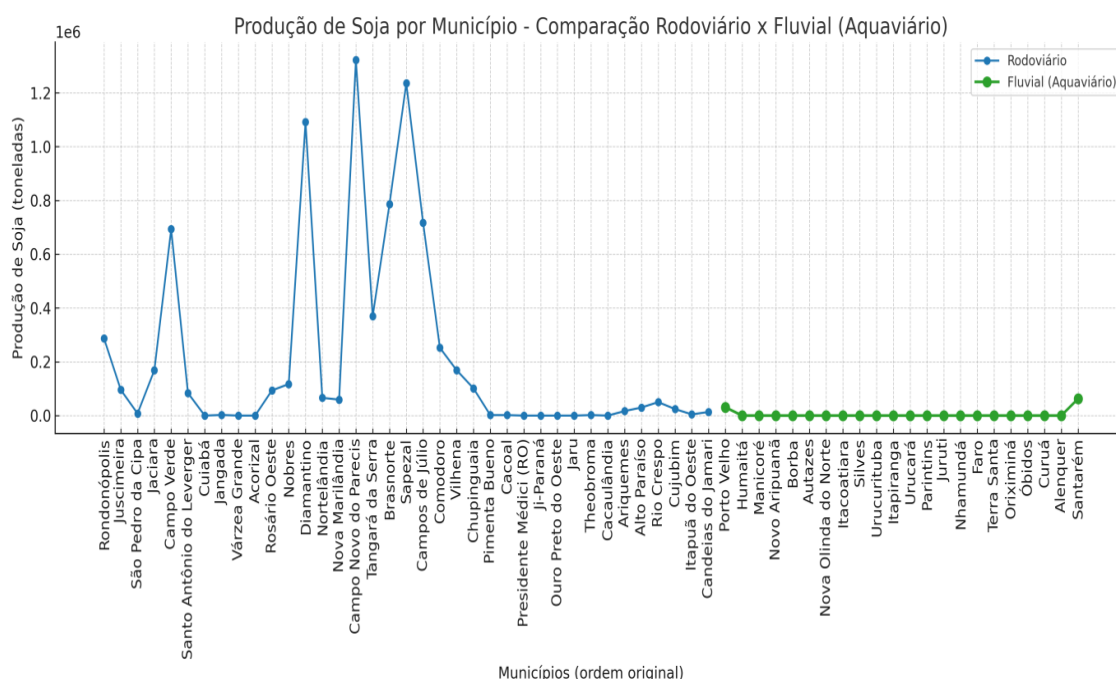
Vale ressaltar que, para a geração de mapas de calor com maior resolução visual, recorreu-se ao Python Colab, utilizando bibliotecas de visualização adequadas, dado que o ambiente gráfico do Orange apresenta limitações na definição fina de resolução e controle estético deste tipo de representação. Os mapas de calor foram posteriormente integrados no fluxo de análise do Orange, assegurando coerência metodológica e fidelidade aos resultados obtidos.

A Figura 23 evidencia que os maiores volumes de produção estão associados aos municípios do trecho rodoviário, com destaque para localidades de Mato Grosso, que apresentam picos superiores a um milhão de toneladas. Em contraste, os municípios

vinculados ao trecho fluvial apresentam volumes significativamente menores, com produção mais modesta e concentrada em localidades como Itacoatiara, Santarém e Parintins.

Além da produção, a inserção do corredor em rotas de exportação do Arco Norte pode ser evidenciada pela dinâmica de destinos e pontos de saída associados a portos/terminais estratégicos, reforçando o papel do eixo Madeira–Amazonas como componente da competitividade logística da soja. Essa dimensão conecta a caracterização territorial (4.1) à lógica de aplicação do modelo analítico, pois delimita o corredor não apenas como infraestrutura, mas como sistema logístico em operação, com fluxos e nós efetivos.

Figura 23 – Produção de soja por município – Comparação Rodoviário x Fluvial

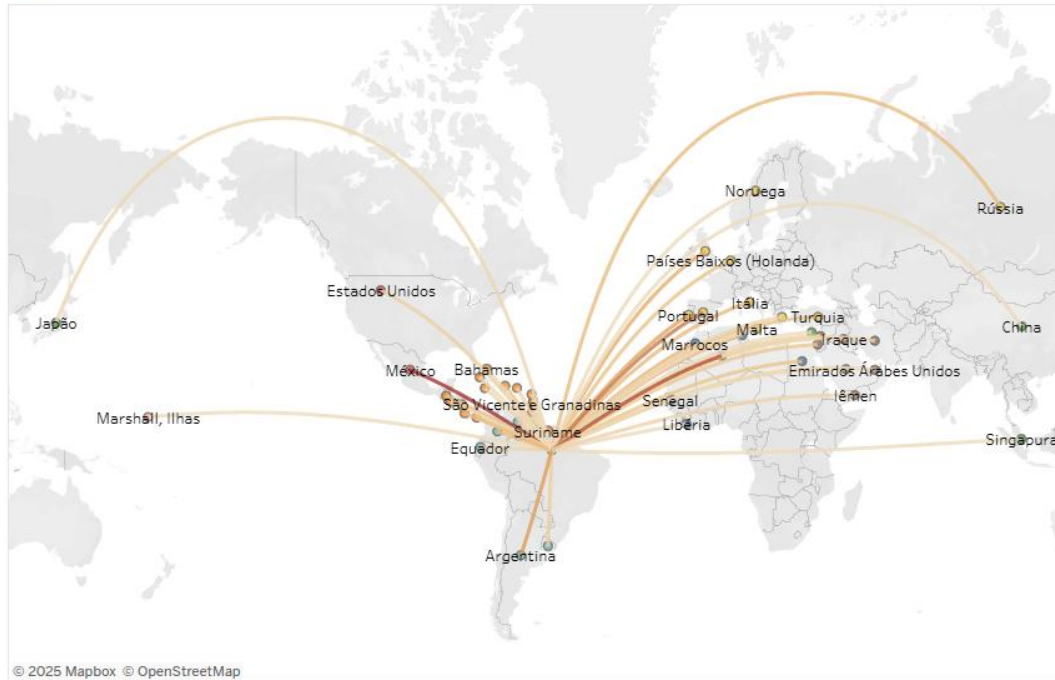


Fonte: SIDRA/IBGE (2025).

A Empresa de Pesquisa Agropecuária Brasileira criou um Sistema de Inteligência Territorial Estratégica (SITE) – Macrologística Agropecuária que inclui dados de armazenagem, estrutura de processamento de grãos, além de estimativas de demanda e oferta potencial de nutrientes agrícolas nas diferentes regiões do Brasil. Assim, na Figura 24 extraída do SITE ilustra a exportação mundial da soja através do Porto de Santarém para 51 países de destino desde de 2003 com a instação da empresa Cargil na região havendo aumento desta exportação com o tempo (EMBRAPA, 2025).

Figura 24 – Exportação Mundial da soja através do Porto de Santarém para países de destino

Países de Destinos

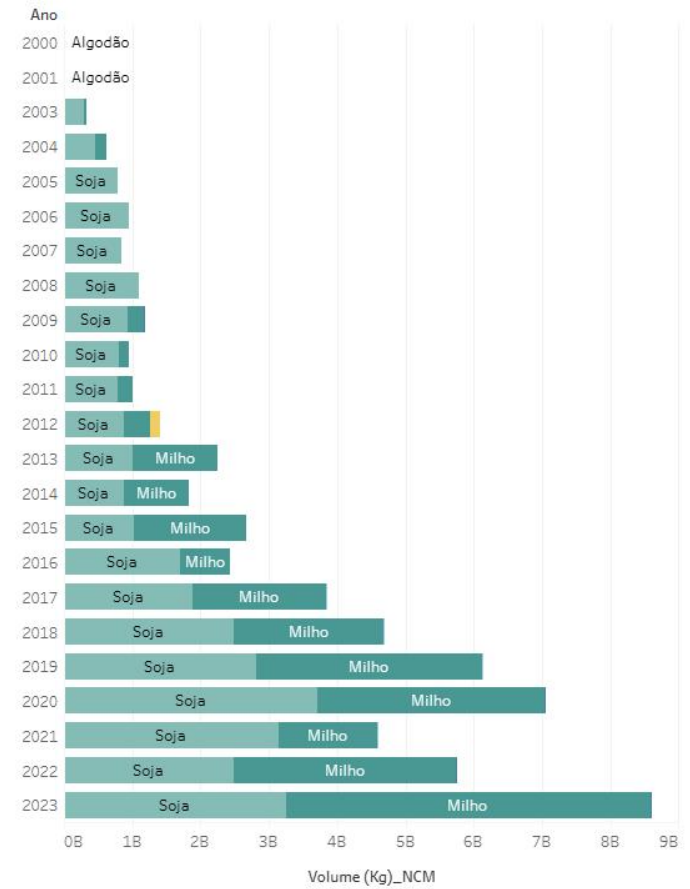


51 Países de Destino

Produtos

<p>Milho 5,326,243,702 kg US\$ 1,294,531,988</p>	<p>Soja 3,255,871,619 kg US\$ 1,760,112,699</p>
---	--

Distribuição anual do volume exportado



Fonte: EMBRAPA (2025).

Na sequência, a aplicação do modelo considera também a relação entre a rota e a bacia hidrográfica do rio Madeira, aspecto decisivo para compreender a transição do trecho rodoviário para o trecho hidroviário e os condicionantes territoriais do escoamento. A leitura da produção e da logística associada à bacia reforça a coerência do recorte espacial utilizado e ajuda a justificar a necessidade de analisar municípios com perfis contrastantes ao longo do corredor produtivos/urbanos/portuários/ribeirinhos, o que será captado pelas técnicas multivariadas.

Para materializar a dimensão logística do corredor e seus principais nós operacionais, foram incorporadas imagens de referência dos terminais associados ao transporte de soja ao longo do rio Madeira, evidenciando a infraestrutura portuária e o funcionamento do escoamento fluvial. Essas imagens não têm função “analítica estatística”, mas cumprem papel de evidência territorial/logística do estudo de caso, reforçando a leitura do corredor como sistema intermodal efetivo. Na Figura 25 apresenta-se uma imagem de satélite obtida no Google Earth mostrando a estrutura portuária da empresa Cargill Agrícola, localizada às margens de um rio na região Norte do Brasil. No centro da cena é possível identificar o terminal de uso privado, com silos metálicos de grande porte para armazenamento de grãos, além de instalações de embarque conectadas diretamente ao rio, onde há embarcações atracadas.

Figura 25: Empresa Cargill Agrícola – transporte de soja rio Madeira



Fonte: Google Earth Pro (2025).

O posicionamento estratégico da unidade evidencia a função logística do porto, permitindo o escoamento da produção agrícola – sobretudo soja – por via fluvial. Essa modalidade reduz custos de transporte em comparação ao modal rodoviário, além de favorecer a integração da produção do interior aos mercados consumidores e exportadores, ainda mostra a proximidade do terminal com a malha viária (rodovia visível à direita), reforçando a interligação multimodal entre caminhões que trazem a carga e as barcaças que a transportam pelo rio.

A Figura 26-A mostra o terminal portuário da empresa Amaggi, localizado às margens de um rio, próximo à bacia do rio Madeira. Trata-se de uma infraestrutura de grande porte, com área organizada para a recepção e movimentação de cargas agrícolas, principalmente soja e milho. Na Figura 26-B mostra o Complexo Hermosa/Amaggi em Itacoatiara (AM), uma das principais estruturas portuárias privadas voltadas ao escoamento de grãos na região Norte do Brasil. A imagem de satélite evidencia a localização estratégica do terminal às margens do rio Amazonas, com infraestrutura voltada ao carregamento de barcaças e navios de maior porte.

Figura 26: Empresa Amaggi – transporte de soja rio Madeira



26A



26B

Fonte: Google Earth Pro (2025).

A partir dessa caracterização aplicada ao caso de estudo, procede-se à operacionalização do modelo analítico no software *Orange*, conforme o fluxo metodológico descrito na Seção 3.3. Nessa etapa, são organizados e padronizados os indicadores municipais, aplicando-se a ACP e as técnicas de agrupamento, cujos resultados: escores, *clusters* e representações intermediárias estão nas próximas seções.

(a) Delimitação empírica do estudo de caso

A aplicação do modelo analítico multivariado foi realizada a partir da delimitação empírica dos municípios diretamente associados à rota BR-364–Rio Madeira, considerando-se como unidades de análise aqueles inseridos na área de influência logística do corredor. Esse recorte espacial compreende 59 municípios, definidos com base na caracterização territorial e logística apresentada na Seção 4.1, assegurando coerência entre o objeto empírico do estudo e os objetivos analíticos propostos.

A escolha desse conjunto de municípios fundamenta-se no papel desempenhado pela rota BR-364–Rio Madeira como eixo estruturante do escoamento da produção de soja do Centro-Oeste em direção aos portos do Arco Norte, integrando modais rodoviário e hidroviário e articulando territórios com distintos perfis produtivos, socioeconômicos e ambientais. Assim, os municípios selecionados representam o universo empírico no qual se manifestam, de forma mais direta, os efeitos territoriais da infraestrutura logística analisada. A delimitação espacial dos municípios analisados segue o recorte apresentado anteriormente na Figura 17, a qual explicita a distribuição dos municípios ao longo do corredor logístico BR-364–Rio Madeira e fundamenta empiricamente a definição da unidade de análise adotada no estudo de caso.

(b) Construção do banco de dados e seleção dos indicadores

A construção do banco de dados constituiu etapa central para a aplicação do modelo analítico multivariado ao estudo de caso da rota BR-364–Rio Madeira. A base empírica foi organizada em escala municipal, tendo como unidades de observação os 59 municípios delimitados no item anterior, e estruturada a partir do conjunto de indicadores socioeconômicos, ambientais e de infraestrutura previamente definidos no Capítulo 3. Os dados utilizados foram extraídos exclusivamente de fontes secundárias consolidadas, discutidas na metodologia, assegurando consistência estatística,

confiabilidade institucional e comparabilidade territorial. O período de referência adotado concentrou-se, majoritariamente, nos anos de 2017 e 2018, de modo a reduzir problemas de defasagem temporal entre as diferentes bases e garantir maior homogeneidade analítica entre os indicadores selecionados.

A seleção dos indicadores considerou, simultaneamente, critérios conceituais e operacionais. Do ponto de vista conceitual, buscou-se contemplar variáveis capazes de representar as múltiplas dimensões do desenvolvimento territorial associadas ao corredor logístico, incluindo aspectos produtivos, socioeconômicos, ambientais e de infraestrutura de transporte. Do ponto de vista operacional, priorizaram-se indicadores disponíveis para a totalidade dos municípios analisados ou com baixo grau de ausência de dados, minimizando a necessidade de exclusões ou imputações extensivas.

Os dados foram inicialmente sistematizados em planilhas eletrônicas, respeitando-se a padronização de nomenclaturas, unidades de medida e códigos territoriais oficiais, de forma a permitir a integração entre diferentes fontes estatísticas. Essa etapa foi fundamental para assegurar a consistência da matriz municipal de indicadores e evitar distorções decorrentes de incompatibilidades metodológicas entre bases de dados distintas. A matriz consolidada de indicadores foi, então, importada para o software *Orange Data Mining*, ambiente no qual se procederam as rotinas de verificação de consistência, identificação de valores ausentes e adequação final das variáveis. Conforme descrito na Seção 3.3, foram adotados procedimentos de exclusão pontual ou tratamento específico de dados faltantes, sempre respeitando a natureza de cada indicador e buscando preservar o máximo possível da informação original.

Considerando a heterogeneidade das escalas e ordens de grandeza dos indicadores selecionados, procedeu-se à padronização dos dados por meio do método z-score. Essa etapa assegurou que todas as variáveis contribuíssem de forma equilibrada para as análises multivariadas subsequentes, evitando que indicadores com maiores amplitudes numéricas exercessem influência desproporcional nos resultados da Análise de Componentes Principais e das técnicas de agrupamento.

(c) Procedimentos analíticos no software Orange

A Análise de Componentes Principais (ACP), ou *Principal Component Analysis* (PCA), foi aplicada à matriz municipal de indicadores com o objetivo de reduzir a dimensionalidade do conjunto de dados e identificar estruturas latentes associadas às diferentes dimensões do desenvolvimento territorial ao longo da rota BR-364–Rio

Madeira. Essa técnica permitiu sintetizar a informação contida em um número elevado de variáveis originais em um conjunto reduzido de componentes não correlacionados entre si, facilitando a interpretação dos padrões territoriais subjacentes.

A aplicação da ACP foi realizada no software *Orange Data Mining*, a partir da base de dados previamente padronizada pelo método *z-score*, conforme descrito no item anterior. A padronização constituiu condição necessária para a correta aplicação da técnica, uma vez que os indicadores apresentavam diferentes unidades de medida e ordens de grandeza.

Inicialmente, procedeu-se à verificação da adequação da matriz de dados à aplicação da ACP, considerando-se a presença de correlações significativas entre as variáveis e a inexistência de problemas estruturais que inviabilizassem a extração dos componentes. Em seguida, realizou-se a decomposição da matriz de correlação, obtendo-se os autovalores (*eigenvalues*) e os autovetores associados, que fundamentam a construção dos componentes principais. O critério de retenção dos componentes considerou a variância explicada acumulada, buscando-se um equilíbrio entre a redução dimensional e a preservação da informação original. Assim, foram selecionados os componentes que, em conjunto, explicavam parcela significativa da variabilidade total dos dados, conforme detalhado nas seções analíticas subsequentes. Essa escolha permitiu reduzir o conjunto original de variáveis a um número limitado de eixos sintéticos, mantendo, contudo, capacidade explicativa adequada.

Os escores dos municípios nos componentes principais foram então calculados, possibilitando posicionar cada unidade territorial em relação aos eixos latentes identificados. Esses escores constituíram insumos centrais tanto para a interpretação dos gradientes territoriais quanto para a aplicação posterior das técnicas de agrupamento, assegurando coerência entre as etapas analíticas do modelo. Cabe destacar que, nesta etapa, a ACP foi utilizada como ferramenta exploratória e de síntese, não tendo como finalidade a inferência causal, mas sim a organização e estruturação da informação empírica de forma consistente com os objetivos do estudo. A interpretação substantiva dos componentes, bem como a análise dos padrões territoriais revelados, é apresentada nas seções seguintes, mantendo-se aqui o foco na descrição do procedimento aplicado ao estudo de caso.

4.3 Resultados da análise de agrupamentos (*clusters*)

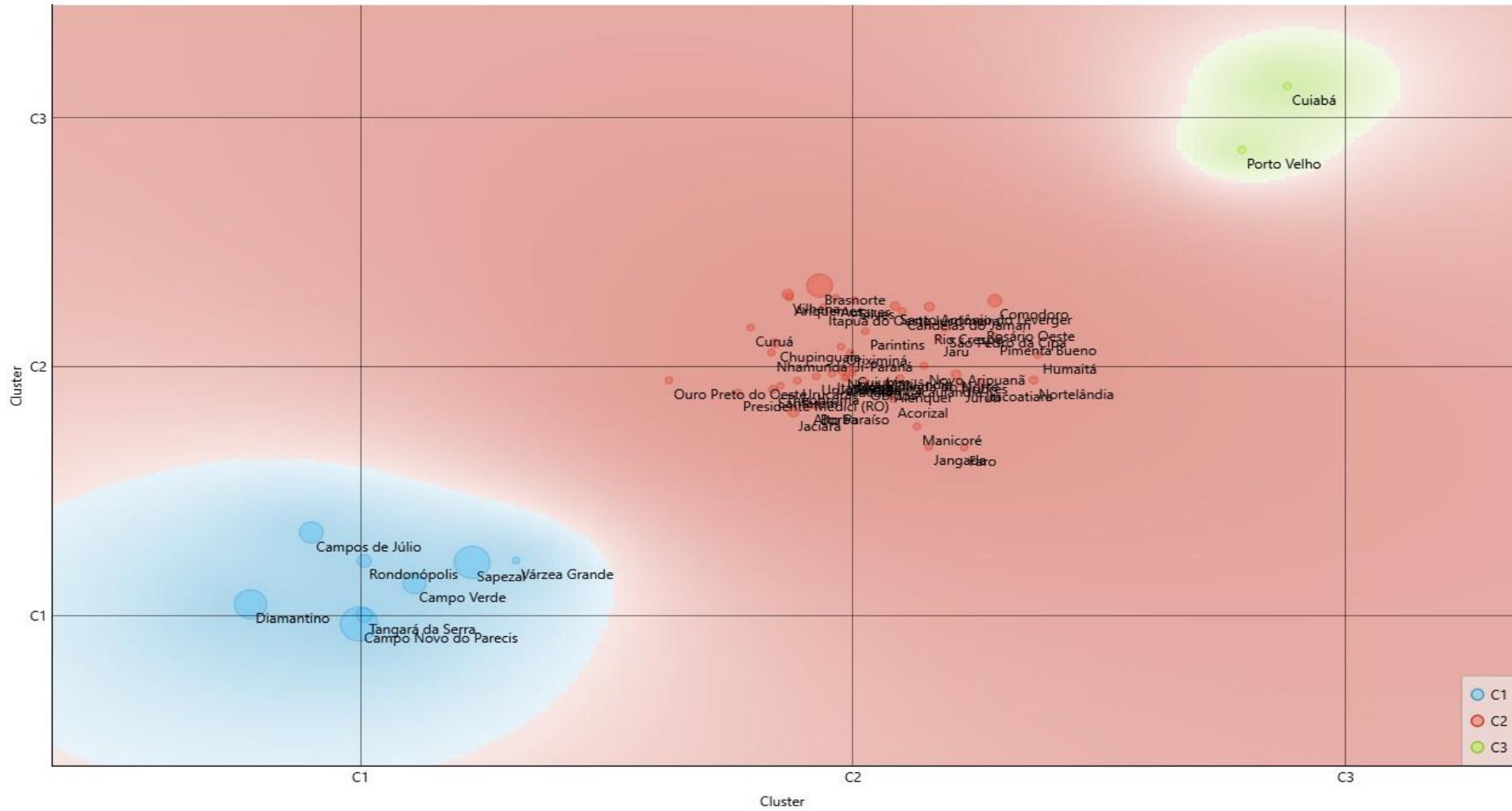
A aplicação da análise de agrupamentos aos municípios localizados ao longo da

rota BR-364–Rio Madeira permitiu identificar padrões territoriais diferenciados a partir do comportamento conjunto dos indicadores socioeconômicos, ambientais, produtivos e de infraestrutura previamente selecionados. Conforme discutido na literatura sobre análise multivariada aplicada a estudos territoriais, presentes nos trabalhos de Favero; Belfiore (2025) e Everitt *et al.* (2011), a clusterização constitui um instrumento adequado para revelar estruturas latentes e tipologias espaciais em contextos marcados por elevada heterogeneidade. Nesse sentido, o processo de agrupamento descrito metodologicamente na Seção 4.2 resultou na formação de três grupos de municípios relativamente homogêneos, refletindo distintas formas de inserção territorial no corredor analisado.

O resultado final da clusterização pelo método *k-means*, apresentado na Figura 27, evidencia que os municípios não se distribuem de forma aleatória entre os grupos, mas se organizam segundo padrões consistentes associados às dinâmicas produtivas, logísticas e socioambientais ao longo do eixo BR-364–Rio Madeira. Essa organização espacial corrobora estudos como os de Raimbault (2019) e Prus e Sikora (2021) que apontam que corredores logísticos tendem a estruturar o território de maneira desigual, concentrando fluxos, investimentos e atividades econômicas em determinados polos, enquanto outros municípios permanecem em posições periféricas no sistema territorial. Antes da aplicação da análise de agrupamentos, procedeu-se à avaliação da estrutura de variância dos dados por meio da Análise de Componentes Principais (ACP), com o objetivo de reduzir a dimensionalidade e preservar a informação relevante do conjunto de indicadores. O gráfico de variância cumulativa apresentado na Figura 28, gerado no software Orange, evidencia que os cinco primeiros componentes concentram 82,2% da variabilidade total, valor considerado elevado e consistente com aplicações empíricas similares em estudos territoriais multivariados (Favero; Belfiore, 2025; Adachi, (2020).

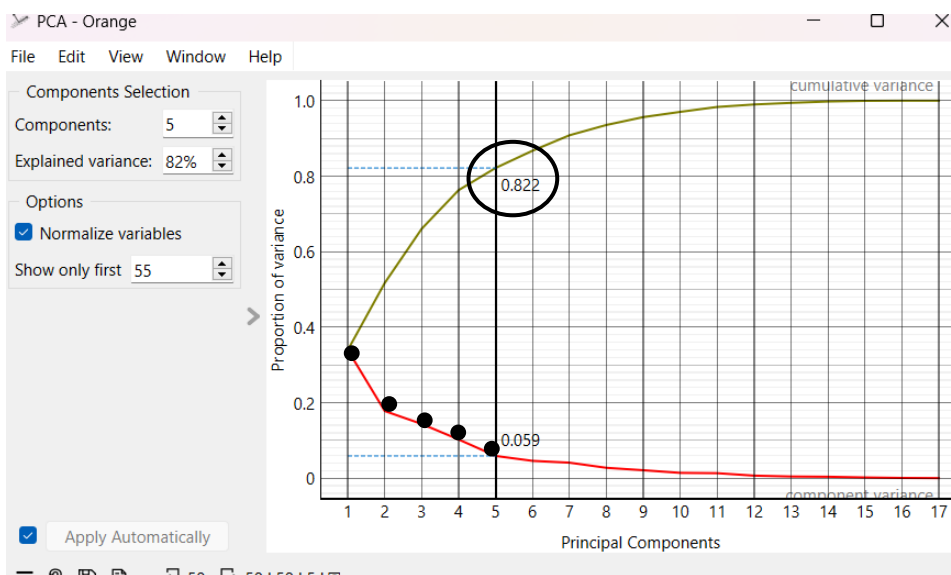
A contribuição relativa de cada indicador para a formação dos componentes principais é detalhada na Figura 29, que apresenta o mapa de calor dos *loadings* das variáveis após a aplicação da função *Transpose* no software Orange. Essa representação permite identificar os indicadores que exercem maior influência em cada componente, evidenciando a articulação entre dimensões produtivas, socioeconômicas, ambientais e de infraestrutura na estrutura multivariada dos dados. Tal leitura é fundamental para a interpretação substantiva dos componentes e para a compreensão dos critérios implícitos que orientam a formação dos agrupamentos, conforme destacado por Cadima (2010). A Figura 30 apresenta o dendrograma resultante da aplicação do método hierárquico de Ward, sendo apoio exploratório à análise dos agrupamentos. O dendrograma evidencia a proximidade relativa entre os municípios e confirma

Figura 27 - Aplicação do K-means no software *Orange* no estudo de caso



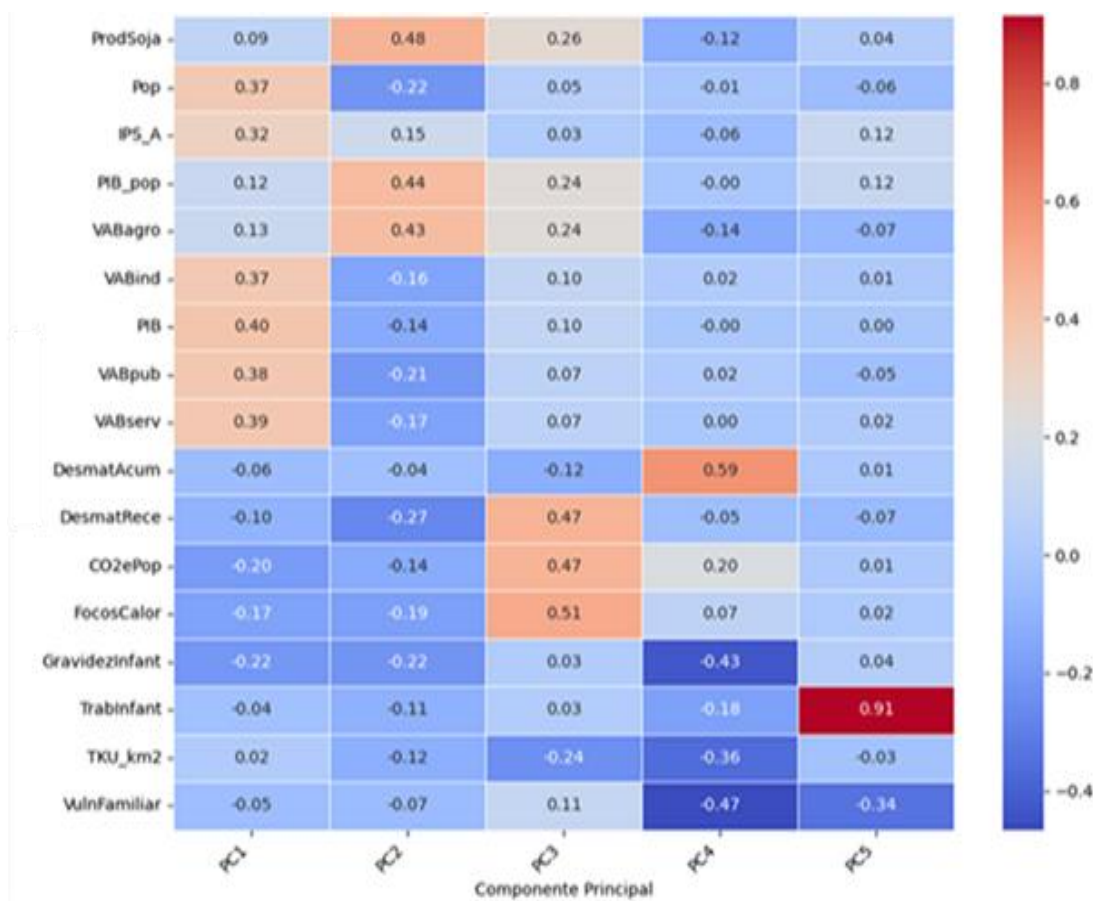
Fonte: Extraído do software *Orange* pelo Autor (2025).

Figura 28 - ACP do Software *Orange*: variância cumulativa



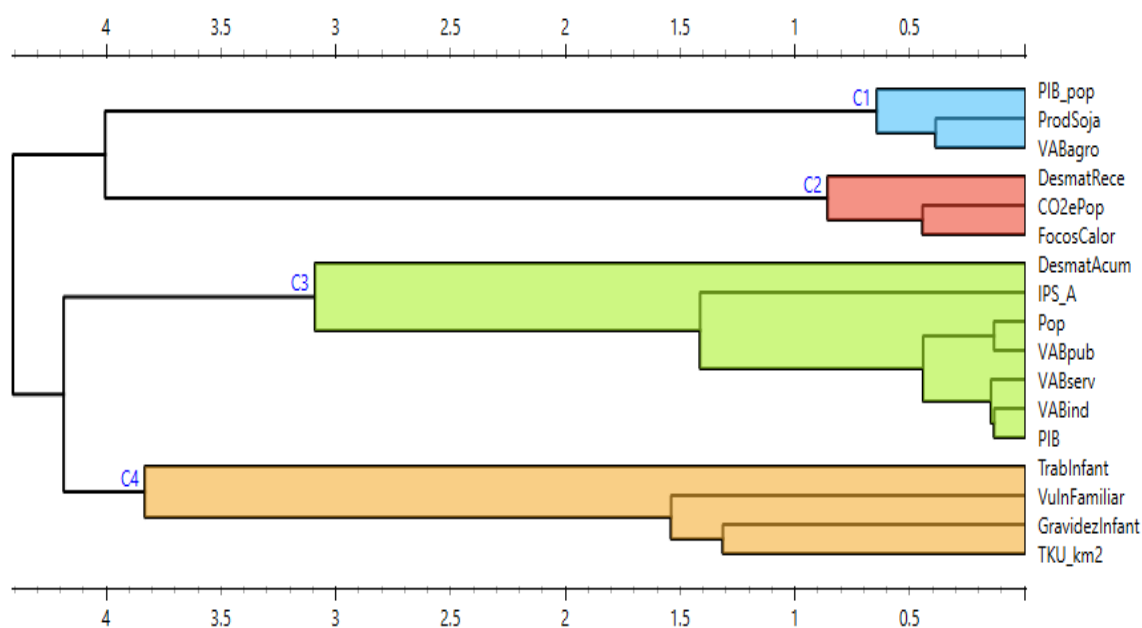
Fonte: extraído do software *Orange* pelo Autor (2025).

Figura 29- Aplicação do *Transpose* na Tabela PCs-Indicadores: mapa de calor dos *loadings*(carregamentos) dos indicadores por componente principal



Fonte: extraído do software *Orange* pelo Autor, 2025.

Figura 30 –Dendograma na análise multivariada no software *Orange*



Fonte: extraído do *software Orange* pelo Autor, 2025.

a existência de três conjuntos principais, reforçando a robustez da solução adotada na etapa não hierárquica. A convergência entre os métodos hierárquico e *k-means* contribui para a validação da tipologia obtida, atendendo às boas práticas recomendadas na literatura estatística para análises de agrupamentos em contextos aplicados (Favero; Belfiore, 2025; Everitt *et al.* 2011).

a) Caracterização geral dos clusters identificados

De acordo com a Figura 27, o *Cluster 1* reúne municípios com maior dinamismo econômico e produtivo, fortemente integrados à cadeia do agronegócio exportador. Esses municípios apresentam elevados valores de produção agrícola, maior produtividade da soja, infraestrutura logística relativamente mais desenvolvida e maior participação no escoamento de grãos ao longo do corredor. Esse grupo concentra, em geral, municípios do segmento rodoviário da rota, especialmente no norte do estado de Mato Grosso, onde a integração com mercados nacionais e internacionais é mais intensa (Wesz Junior *et al.*, 2021; Lourençoni *et al.*, 2021). O *Cluster 2* é composto por municípios com perfil intermediário, caracterizados por uma inserção produtiva relevante, porém acompanhada de maiores limitações em termos de infraestrutura logística e indicadores socioambientais. Esses municípios desempenham papel

de transição no corredor, articulando áreas de produção agrícola com trechos hidroviários, mas apresentando maior heterogeneidade interna quanto aos níveis de desenvolvimento econômico e social. O *Cluster 3* agrupa municípios com maiores fragilidades socioeconômicas e ambientais, em geral associados ao trecho hidroviário do rio Madeira. Nesses territórios, o transporte fluvial desempenha papel central na mobilidade regional e no abastecimento local, mas os indicadores revelam menores níveis de renda, infraestrutura urbana mais precária e maior exposição a pressões ambientais, como desmatamento e focos de calor (Sales, 2024; Aragão *et al.* (2018).

(b) *Construção do banco de dados e seleção dos indicadores*

A interpretação dos agrupamentos obtidos é aprofundada a partir da análise conjunta com os resultados da Análise de Componentes Principais (ACP), que permite compreender como a estrutura de correlação entre os indicadores contribui para a formação dos *clusters*. A Figura 29 permite interpretar o significado dos componentes principais a partir das cargas fatoriais dos indicadores. Observa-se que PC2 está fortemente associado à produção de soja, caracterizando um gradiente de especialização produtiva e inserção agroexportadora. PC1 apresenta maiores cargas em variáveis de escala econômica e demográfica, refletindo o porte e o dinamismo geral dos municípios. Os componentes PC3 e PC4 concentram cargas associadas a diferentes dimensões das pressões ambientais, distinguindo, respectivamente, indicadores associados a eventos mais recentes (como focos de calor) e à trajetória acumulada de desmatamento. O PC5 destaca-se por cargas elevadas em variáveis de vulnerabilidade social, como trabalho infantil, configurando uma dimensão social específica e relativamente independente das demais. Essa estrutura confirma que a ACP captura dimensões territoriais distintas: produtivas, econômicas, ambientais e sociais, fundamentais para a interpretação posterior dos agrupamentos municipais.

A Figura 30, ao apresentar o mapa de calor dos loadings das variáveis por componente principal, indica que os componentes iniciais capturam gradientes distintos associados às dimensões econômica-produtiva, socioambiental e de infraestrutura logística. Esses padrões ajudam a explicar a diferenciação observada entre os *clusters*, uma vez que municípios agrupados em um mesmo *cluster* compartilham combinações semelhantes de cargas fatoriais nos principais componentes. De forma complementar, os resultados da ACP obtidos no ambiente do software *Orange* (Figura 27) indicam que a separação entre os grupos não decorre de um único indicador isolado, mas do comportamento integrado das variáveis

selecionadas. Assim, a análise conjunta entre *clusters* e componentes principais reforça a adequação da abordagem multivariada adotada, ao evidenciar que os agrupamentos refletem gradientes territoriais complexos associados às dinâmicas socioeconômicas, ambientais e logísticas do corredor BR-364–Rio Madeira (Favero; Belfiore, 2025; Cadima (2010).

(c) *Síntese dos resultados da clusterização*

De forma geral, os resultados da análise de agrupamentos evidenciam que a rota BR-364–Rio Madeira estrutura um corredor logístico caracterizado por acentuada heterogeneidade territorial, no qual coexistem municípios fortemente integrados ao agronegócio exportador e localidades marcadas por fragilidades sociais e ambientais. A clusterização permite identificar padrões espaciais latentes, sintetizando as desigualdades territoriais associadas à expansão da logística da soja ao longo do eixo analisado, conforme esperado em corredores logísticos que operam como vetores de diferenciação territorial (Raimbault, 2019; Prus; Sikora, 2021).

Os perfis identificados refletem combinações distintas entre dinamismo econômico, especialização produtiva, pressões ambientais e condições sociais, corroborando a literatura que aponta que ganhos logísticos e produtivos tendem a se concentrar em determinados polos, enquanto impactos socioambientais se distribuem de forma mais difusa e desigual no território, tal como retratado nos estudos de Wesz Junior *et al.* (2021) e Costa; Soares-Filho e Nóbrega (2022). Nesse sentido, a tipologia obtida oferece uma leitura sintética das transformações territoriais induzidas pela consolidação do corredor BR-364–Rio Madeira, ao evidenciar que a intensificação do escoamento agroexportador não se traduz automaticamente em desenvolvimento equilibrado entre os municípios lindeiros.

A partir dessa tipologia territorial, torna-se possível avançar da análise categorial para uma leitura espacial contínua do corredor logístico. Assim, a seção seguinte examina como os padrões identificados pela Análise de Componentes Principais (ACP) e pela clusterização se distribuem longitudinalmente ao longo da rota BR-364–Rio Madeira, explorando a variação conjunta dos componentes principais em diferentes planos fatoriais. Essa abordagem é consistente com estudos que destacam a importância de integrar métodos de redução de dimensionalidade e agrupamento para interpretar gradientes territoriais complexos em corredores de transporte (Favero; Belfiore, 2025; Cadima (2010).

Como apoio à interpretação dos perfis identificados pela análise de agrupamentos, o Anexo B apresenta uma síntese descritiva do comportamento dos indicadores selecionados

para os municípios inseridos nos diferentes trechos do corredor (BR-364, Rio Madeira e Rio Amazonas). Essa visualização complementar permite verificar a coerência substantiva dos perfis obtidos, evidenciando padrões compatíveis com a leitura territorial proposta, como a associação entre especialização agroprodutiva e desempenho econômico em determinados grupos e a intensificação de pressões ambientais em outros, conforme discutido por Aragão *et al.* (2018), Silveira *et al.* (2022) e Oliveira, Piffer e Garcia (2024). Ressalta-se que esse material possui caráter exclusivamente interpretativo e não altera a solução estatística da clusterização, servindo apenas como suporte à leitura territorial dos resultados.

4.4 Perfil longitudinal do corredor logístico

A análise do perfil longitudinal do corredor logístico BR-364–Rio Madeira tem como objetivo interpretar, sob uma perspectiva espacial e territorial, os resultados obtidos pela Análise de Componentes Principais (ACP). Ao projetar os municípios ao longo dos diferentes planos formados pelos componentes principais, torna-se possível compreender como os gradientes econômicos, sociais, ambientais e de infraestrutura se distribuem ao longo do eixo logístico, revelando padrões de concentração, transição e fragmentação territorial.

Essa abordagem complementa os resultados apresentados na Seção 4.3 ao deslocar o foco da identificação estatística de agrupamentos para a leitura territorial dos componentes, podendo-se avaliar como o corredor de transporte estrutura diferentes perfis de desenvolvimento ao longo de sua extensão.

a) Visão integrada do perfil do corredor nos cinco componentes principais

A análise conjunta dos cinco componentes principais selecionados permite uma leitura integrada das principais dimensões do desenvolvimento territorial observadas ao longo do corredor BR-364–Rio Madeira, sintetizando simultaneamente aspectos econômicos, produtivos, ambientais, sociais e estruturais. Conforme discutido por Raimbault (2019), a organização funcional de corredores logísticos se expressa por meio de gradientes territoriais integrados, que não se manifestam de forma isolada em indicadores individuais. Nesse sentido, o uso de abordagens multivariadas mostra-se particularmente adequado para captar essas estruturas latentes. A representação integrada apresentada na Figura 31 evidencia tendências globais de organização espacial do corredor, bem como a posição relativa dos municípios em relação aos gradientes dominantes que estruturam o sistema logístico-

territorial. Observa-se que os municípios não se distribuem de maneira homogênea ao longo do eixo analisado, mas se organizam em agrupamentos associados a funções econômicas diferenciadas, níveis distintos de infraestrutura logística e variados graus de pressão socioambiental. Esse padrão é consistente com a literatura que aponta que corredores de transporte atuam como vetores de diferenciação territorial, concentrando investimentos, fluxos e atividades produtivas em determinados nós, ao mesmo tempo em que mantêm áreas periféricas com menor integração funcional (Prus; Sikora, 2021; Raimbault (2019).

A projeção integrada dos componentes principais revela a coexistência de polos territorialmente mais dinâmicos, caracterizados por maior diversificação econômica, melhor infraestrutura logística e maior inserção nos fluxos agroexportadores, em contraste com territórios marcados por fragilidades sociais e ambientais mais acentuadas. Esses contrastes não se distribuem de forma aleatória ao longo do corredor, sendo particularmente evidentes nos trechos fluviais mais afastados dos principais nós de integração intermodal, onde a menor densidade de infraestrutura logística e a maior dependência de modais menos eficientes tendem a reforçar vulnerabilidades históricas, como destacado nas análises sobre desigualdades socioambientais na Amazônia desenvolvidas por Silveira et al. (2022). De forma convergente, as discussões de Oliveira, Piffer e Garcia (2024) sobre a assimetria territorial e funcional ao longo do rio Madeira reforçam a interpretação de que a organização dos fluxos logísticos contribui para manter padrões diferenciados de integração e desenvolvimento territorial.

A leitura articulada dos cinco componentes principais confirma que o corredor BR-364–Rio Madeira não opera como um eixo uniforme de desenvolvimento, mas como um sistema territorial complexo, no qual ganhos econômicos, eficiência logística e pressões socioambientais se distribuem de forma desigual entre os municípios. Essa configuração reforça a necessidade de abordagens de planejamento e governança logística sensíveis às assimetrias territoriais, conforme recomendado por estudos recentes sobre desenvolvimento regional e sustentabilidade em regiões de fronteira (Raimbault, 2019; Aragão *et al.*, 2018; IPCC, 2021).

(b) Análise dos planos CP1–PC2 e CP1–CP3: gradientes econômicos, produtivos e ambientais

A análise dos planos fatoriais CP1–CP2 e CP1–CP3 aprofunda a interpretação dos gradientes econômicos, produtivos e ambientais ao longo do corredor BR-364–Rio Madeira,

permitindo compreender como o dinamismo econômico e a intensificação produtiva se articulam às pressões territoriais observadas na Amazônia. Esses resultados dialogam com a literatura que analisa a infraestrutura de transporte como elemento estruturante do território, capaz de promover diferenciações espaciais e funcionais e de produzir efeitos econômicos e socioambientais distribuídos de forma desigual, conforme discutido por Prus e Sikora (2021). De forma complementar, a leitura dos gradientes observados é consistente com abordagens que enfatizam a coevolução entre redes de transporte e dinâmicas territoriais, nas quais processos de hierarquização e diferenciação espacial emergem da interação entre infraestrutura e uso do território, tal como discutido por Raimbault (2019). No contexto amazônico, essas dinâmicas têm sido analisadas de maneira mais específica a partir da noção de corredores de transporte e logística, especialmente nos trabalhos de Aragão et al. (2018) e de Oliveira, Piffer e Garcia (2024), que evidenciam como a organização dos fluxos ao longo de eixos como o rio Madeira e a BR-364 contribui para a produção de assimetrias territoriais persistentes.

A projeção dos municípios no plano CP1–CP2 (Figura 32) evidencia uma organização territorial fortemente condicionada pelo grau de dinamismo econômico, pela disponibilidade de infraestrutura logística e pela especialização produtiva. O primeiro componente (CP1), associado a indicadores econômicos e de infraestrutura, ordena os municípios segundo sua inserção no escoamento agroexportador, distinguindo centros com maior capacidade logística e diversificação produtiva daqueles com menor porte econômico e infraestrutura mais limitada. Essa hierarquização territorial é consistente com a literatura que aponta a concentração de investimentos logísticos e produtivos em polos específicos ao longo de corredores de exportação (Costa; Soares-Filho; Nóbrega, 2022; Wesz Junior et al. (2021). A combinação com o CP2, relacionado à intensidade produtiva agrícola, revela uma diferenciação adicional entre municípios com desempenho econômico consolidado e aqueles cuja dinâmica territorial se ancora sobretudo na expansão da produção agrícola extensiva. Conforme discutido por Wesz Junior *et al.* (2021) e Lourençoni *et al.* (2021), esse padrão é típico de regiões de fronteira agrícola, nas quais o crescimento produtivo ocorre de forma acelerada, frequentemente associado à ampliação da área cultivada e à pressão crescente sobre o uso do solo.

De forma complementar, o plano CP1–CP3 (Figura 33) incorpora explicitamente a dimensão ambiental à análise. Observa-se que municípios posicionados em faixas superiores do CP3 concentram maiores cargas associadas a indicadores de pressão ambiental, como desmatamento acumulado e eventos recentes de degradação, mesmo quando apresentam

desempenho econômico relativamente elevado no eixo CP1. Esse resultado dialoga diretamente com estudos que evidenciam a dissociação entre crescimento econômico e sustentabilidade ambiental na Amazônia, especialmente em áreas impactadas pela expansão do agronegócio e da infraestrutura de transporte (Aragão *et al.*, 2018; Silveira *et al.*, 2022; IPCC, 2021). Em conjunto, os planos CP1–CP2 e CP1–CP3 revelam que a consolidação do corredor logístico BR-364–Rio Madeira está associada a *trade-offs* territoriais, nos quais ganhos econômicos e logísticos coexistem com distintos níveis de pressão ambiental. Essa configuração confirma que o corredor não opera como um eixo homogêneo de desenvolvimento sustentável, mas como um mecanismo de diferenciação territorial, no qual eficiência produtiva, expansão agrícola e impactos ambientais se combinam de maneira desigual entre os municípios analisados, conforme apontado pela literatura sobre corredores logísticos em regiões de fronteira (Raimbault, 2019; Oliveira; Piffer; Garcia, 2024).

4.5 Síntese dos padrões de desenvolvimento territorial e sustentabilidade

Os resultados empíricos apresentados ao longo deste capítulo evidenciam que o corredor BR-364–Rio Madeira não produz efeitos territoriais homogêneos, mas estrutura-se a partir de padrões diferenciados de desenvolvimento e sustentabilidade, identificados por meio da análise multivariada e da clusterização dos municípios. Esses padrões refletem combinações distintas entre inserção logística, dinamismo econômico, condições sociais e pressões ambientais, permitindo uma leitura integrada do território ao longo do eixo analisado. De forma geral, observa-se a existência de municípios com elevada integração à logística da commodity, caracterizados por maior dinamismo econômico e produtivo, mas também por intensificação de pressões ambientais, associadas à expansão do uso do solo e à especialização produtiva. Esses territórios concentram ganhos econômicos, ao mesmo tempo em que revelam desafios relevantes do ponto de vista da sustentabilidade ambiental.

Em contraste, identificam-se municípios com menor integração funcional ao corredor logístico, nos quais os benefícios econômicos são mais limitados e as vulnerabilidades sociais tendem a ser mais pronunciadas. Nesses casos, a proximidade geográfica ao eixo de transporte não se traduz automaticamente em desenvolvimento territorial, evidenciando a importância de fatores institucionais, produtivos e socioambientais na mediação dos efeitos da infraestrutura logística.

Entre esses extremos, emergem territórios de transição, que apresentam perfis híbridos, combinando sinais de dinamização econômica com persistência de fragilidades

sociais e ambientais. Esses padrões intermediários reforçam a ideia de que os efeitos da logística se manifestam de forma gradual e seletiva no espaço, produzindo configurações territoriais complexas.

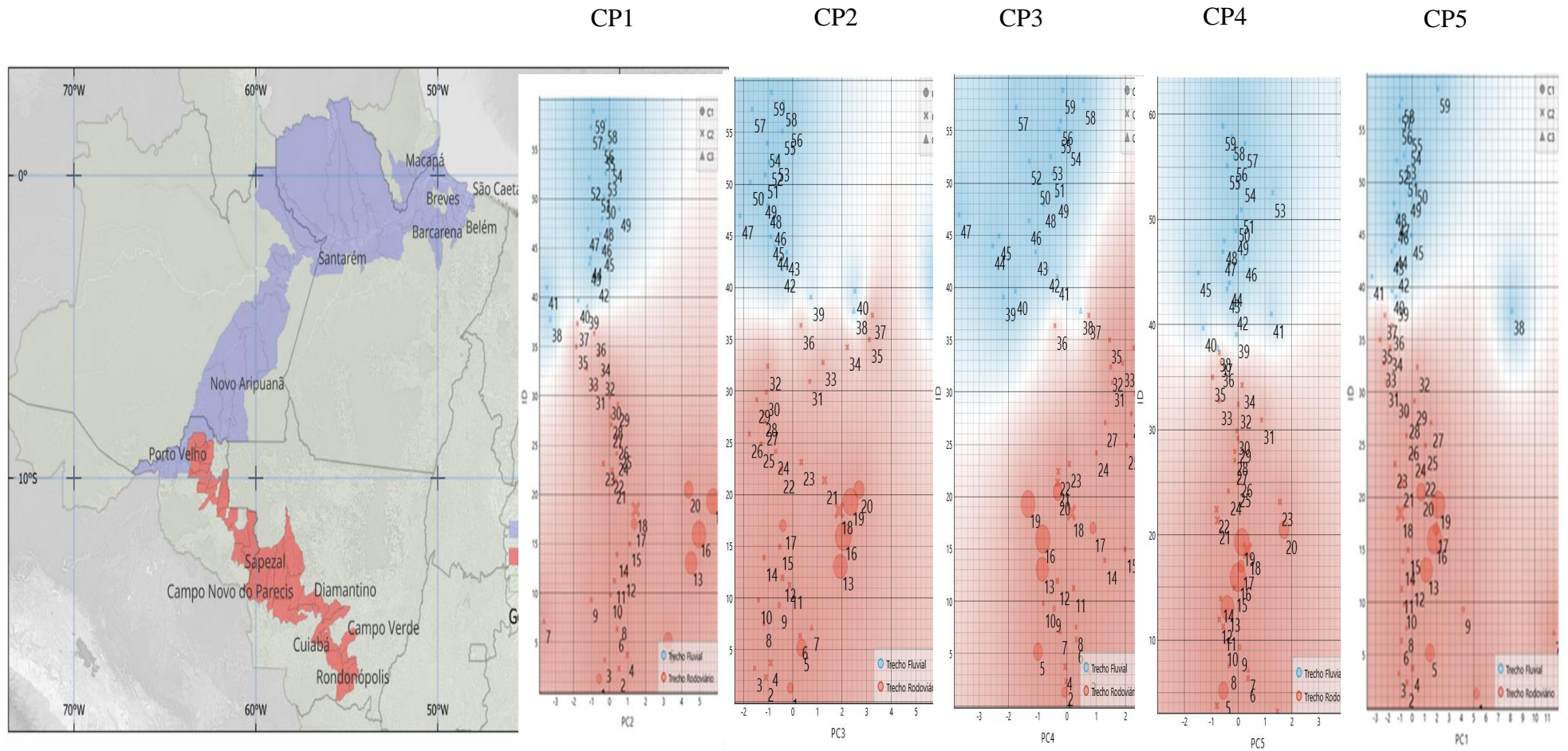
Em síntese, os resultados do estudo de caso indicam que o desenvolvimento territorial associado ao corredor BR-364–Rio Madeira ocorre de forma assimétrica e tensionada, revelando trade-offs claros entre crescimento econômico, sustentabilidade ambiental e coesão social. Esses padrões empíricos fornecem a base para a discussão interpretativa desenvolvida no capítulo seguinte, na qual se analisam as implicações desses achados à luz da literatura e do planejamento territorial.

A análise integrada dos resultados permite identificar padrões territoriais distintos ao longo do corredor BR-364–Rio Madeira. O primeiro padrão corresponde a municípios com maior dinamismo econômico e urbano, associados à concentração de infraestrutura logística e maior Produto Interno Bruto. Um segundo padrão é formado por municípios fortemente especializados na produção de soja, com elevado desempenho econômico, porém acompanhados por maiores pressões ambientais. O terceiro padrão reúne municípios com maior vulnerabilidade social e ambiental, predominantemente localizados no trecho fluvial do corredor, com menor capacidade de absorção dos benefícios econômicos gerados pela logística da commodity. Esses padrões evidenciam que a intensificação do corredor logístico reforça assimetrias territoriais preexistentes, em vez de promover efeitos homogêneos de desenvolvimento.

(c) Análise dos planos CP1–CP4 e CP1–CP5: infraestrutura, logística e vulnerabilidade social

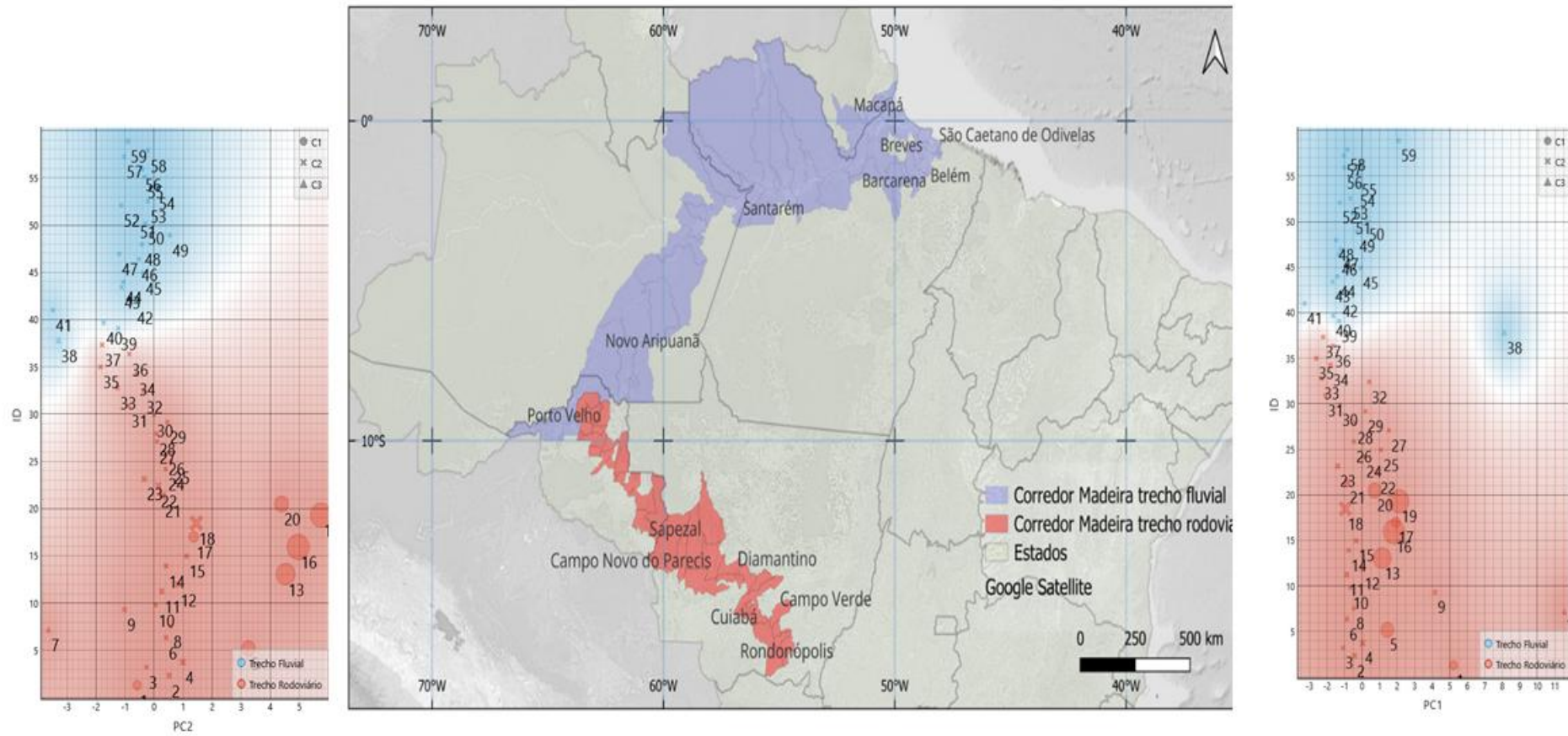
A análise dos planos CP1–CP4 e CP1–CP5, apresentados nas Figuras 34 e 35, aprofunda a compreensão das relações entre o dinamismo econômico do corredor BR-364–Rio Madeira, a infraestrutura logística e as dimensões de vulnerabilidade social. O CP4 reúne variáveis associadas à infraestrutura básica, conectividade e condições urbanas, enquanto o CP5 concentra indicadores de fragilidades sociais e institucionais. No plano CP1–CP4, observa-se uma diferenciação clara entre municípios com maior inserção logística e infraestrutura consolidada, predominantemente no trecho rodoviário, e aqueles situados em segmentos mais periféricos, especialmente ao longo do trecho fluvial, marcados por maiores limitações estruturais.

Figura 31 – Perfil longitudinal do corredor de transporte dos 5 CPs



Fonte: Extraído do software *Orange* pelo Autor, 2025.

Figura 32–Perfil longitudinal do corredor de transporte para a componente CP1-CP2



Fonte: Extraído do software *Orange* pelo Autor, 2025.

O plano CP1–CP5 evidencia que o dinamismo econômico não se traduz de forma homogênea em melhorias sociais, revelando a coexistência de elevado desempenho produtivo com persistentes vulnerabilidades. Esses resultados indicam que, embora o corredor atue como vetor de integração econômica, seus efeitos territoriais permanecem desiguais, reforçando a necessidade de políticas públicas diferenciadas para mitigar tais assimetrias (Favero; Belfiore, 2025; Raimbault (2019). A análise dos planos CP1–CP4 e CP1–CP5 (Figuras 34 e 35) aprofunda a compreensão das interações entre o dinamismo econômico do corredor BR-364–Rio Madeira, as pressões ambientais e as dimensões de vulnerabilidade social. O componente CP4 agrega variáveis ambientais, enquanto o CP5 reúne indicadores de fragilidade social, resultados que dialogam com evidências apresentadas por Aragão *et al.* (2018) e Silveira *et al.* (2022). No plano CP1×CP4, observa-se que municípios associados a maior dinamismo econômico também podem coexistir com elevados níveis de pressão ambiental. Casos como Cujubim e Theobroma evidenciam associação com desmatamento recente e acumulado, enquanto Porto Velho se destaca pelo peso de variáveis econômicas e estruturais. Novo Aripuanã apresenta posicionamento associado a indicadores sociais, como gravidez na adolescência, revelando a sobreposição entre fragilidades sociais e pressões ambientais ao longo do corredor.

Essa coexistência entre degradação ambiental e vulnerabilidade social corrobora a literatura que aponta que os impactos ambientais na bacia do rio Madeira recaem de forma mais intensa sobre populações socialmente vulneráveis, reforçando padrões de exclusão socioambiental (Oliveira; Piffer; Garcia, 2024). À luz dos resultados empíricos deste estudo, esses processos ajudam a explicar por que os benefícios do crescimento econômico permanecem distribuídos de forma desigual no território. No plano CP1×CP5, a análise evidencia novamente a dissociação entre desempenho econômico e inclusão social. Municípios como Nhamundá e Manicoré apresentam associação com trabalho infantil e vulnerabilidade familiar, enquanto Novo Aripuanã se mantém relacionado a indicadores ambientais, como focos de calor e emissões de CO₂. Em contraste, Cuiabá destaca-se no quadrante associado ao dinamismo econômico e à estrutura produtiva. Esses resultados reforçam que a inserção no corredor logístico não garante, por si só, melhorias sociais proporcionais, confirmando trajetórias territoriais assimétricas ao longo do eixo BR-364–Rio Madeira.

(d) *Análise cruzada dos planos CP2–PC3, CP2–CP4, CP2–CP5, CP3–CP4, CP3–CP5 e CP4–CP5*

A análise dos planos formados pelos componentes CP2 a CP5 permite examinar as interações entre as dimensões produtiva, ambiental, social e estrutural do corredor BR-364–Rio Madeira, reduzindo a influência do eixo econômico geral representado pelo CP1. Essa abordagem evidencia padrões territoriais mais refinados, nos quais pressões ambientais, fragilidades sociais e limitações de infraestrutura se combinam de forma diferenciada ao longo do corredor.

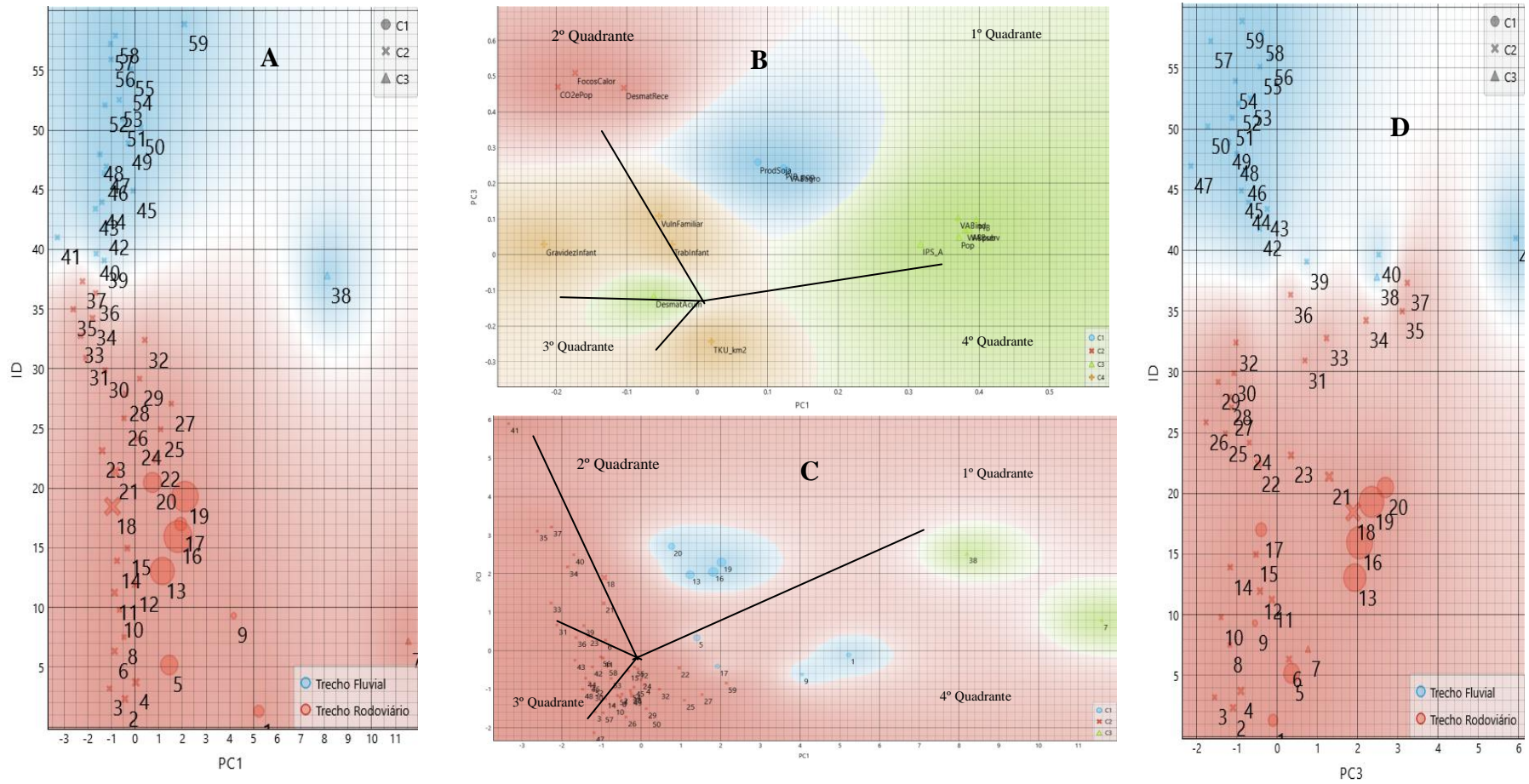
Os planos CP2–CP3 e CP2–CP4 (Figuras 36 e 37) mostram que a especialização produtiva associada à expansão agrícola não se distribui de maneira homogênea em relação às pressões ambientais e às condições estruturais. Observam-se municípios com elevados valores em CP2 coexistindo com cargas significativas em CP3 ou CP4, indicando contextos em que o dinamismo produtivo ocorre simultaneamente à intensificação de desmatamento, focos de calor ou déficits de infraestrutura, sobretudo nos trechos rodoviários de Mato Grosso e Rondônia. Esses padrões sugerem que a expansão logística e agrícola tende a anteceder melhorias ambientais e estruturais.

A projeção no plano CP2–CP5 (Figura 38) reforça a dissociação entre desempenho produtivo e inclusão social, evidenciando que municípios com forte inserção agroexportadora nem sempre apresentam indicadores sociais favoráveis, o que indica que o avanço do escoamento de commodities não se traduz automaticamente em ganhos sociais proporcionais. Os planos CP3–CP4 e CP3–CP5 (Figuras 39 e 40) aprofundam a análise das relações entre impactos ambientais, infraestrutura e fragilidades sociais, destacando municípios que acumulam cargas elevadas em CP3 e CP5, configurando territórios onde degradação ambiental e vulnerabilidade social se reforçam mutuamente, situação mais recorrente nos trechos fluviais do Amazonas e do Pará.

Por fim, o plano CP4–CP5 (Figura 41) sintetiza a associação entre limitações estruturais e fragilidades sociais, evidenciando municípios que permanecem à margem dos principais investimentos logísticos e urbanos, mesmo integrados ao corredor. Em conjunto, a leitura cruzada desses planos confirma que o corredor BR-364–Rio Madeira não atua como um eixo linear de desenvolvimento, mas como um mecanismo de diferenciação territorial, no qual crescimento produtivo, impactos ambientais, infraestrutura e condições sociais se articulam de forma desigual, o que coaduna com os estudos de Raimbault (2019). A análise multivariada evidencia, assim, trajetórias territoriais contrastantes, oferecendo subsídios relevantes para o planejamento regional e a governança logística.

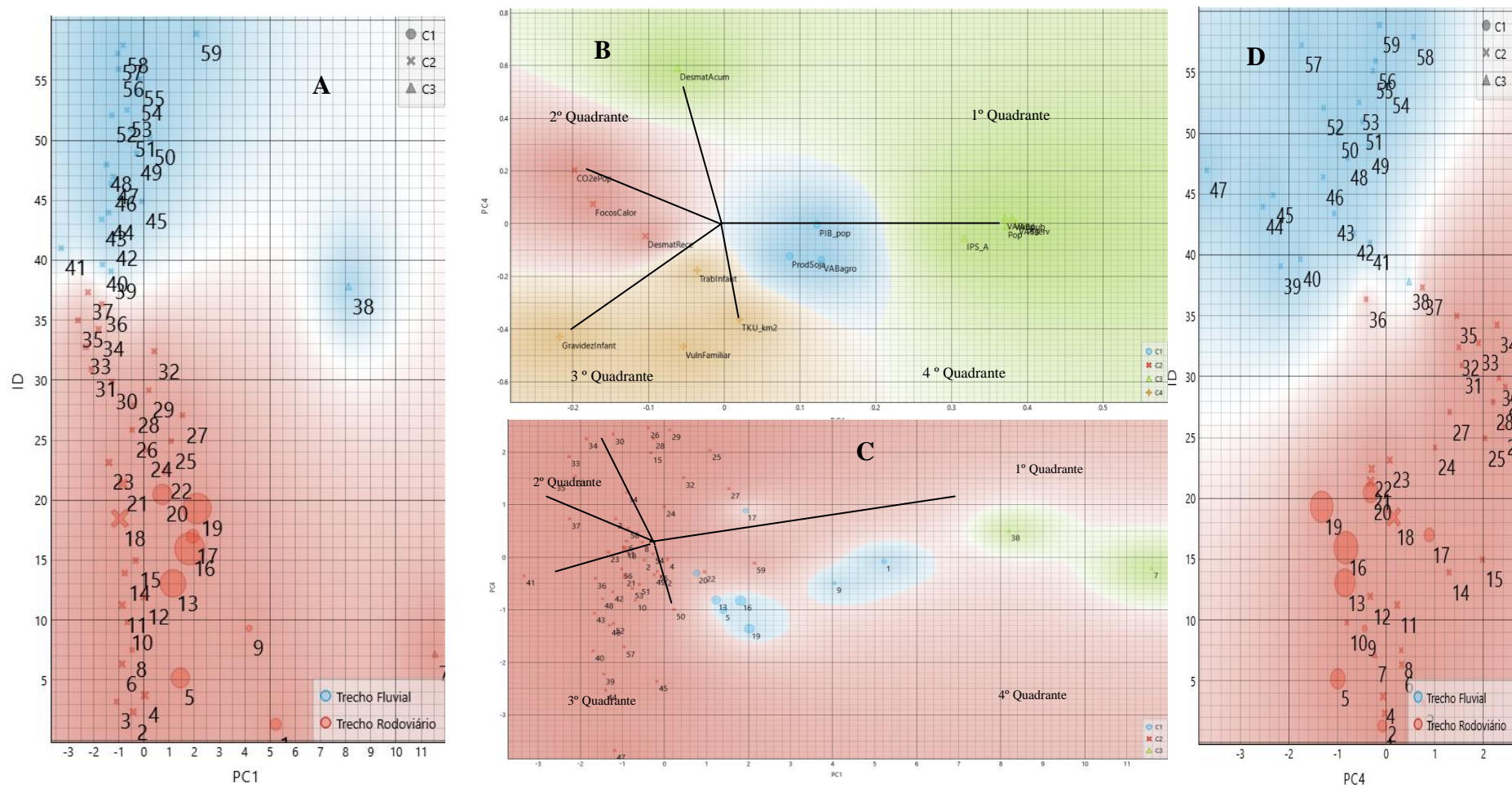
Para uma visualização cartográfica complementar destes resultados, ver Anexo C.

Figura 33 – Perfil longitudinal do corredor de transporte para a componente CP1-CP3



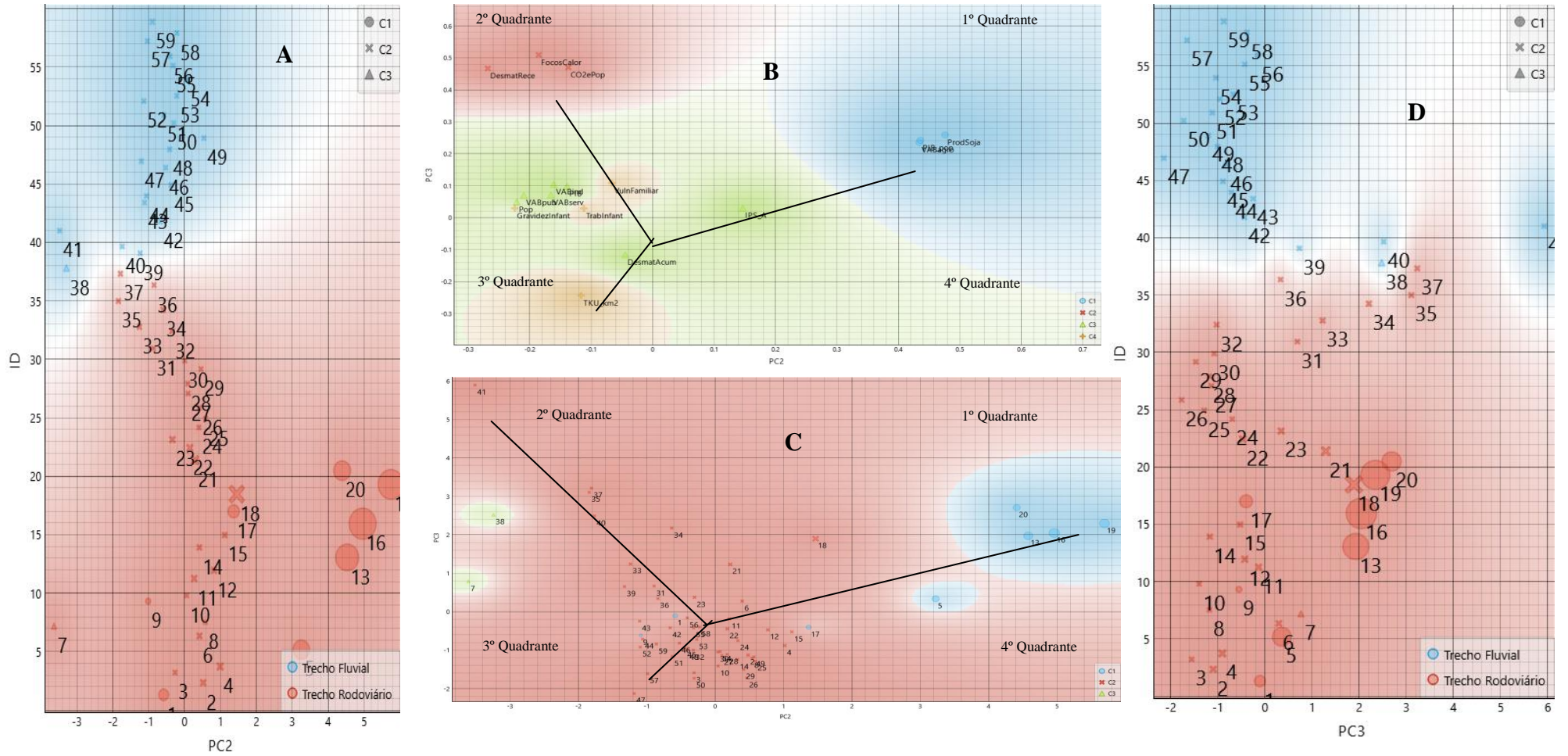
Fonte: Extraído do software Orange pelo Autor, 2025.

Figura 34 - Perfil longitudinal do corredor de transporte para a componente CP1- CP4



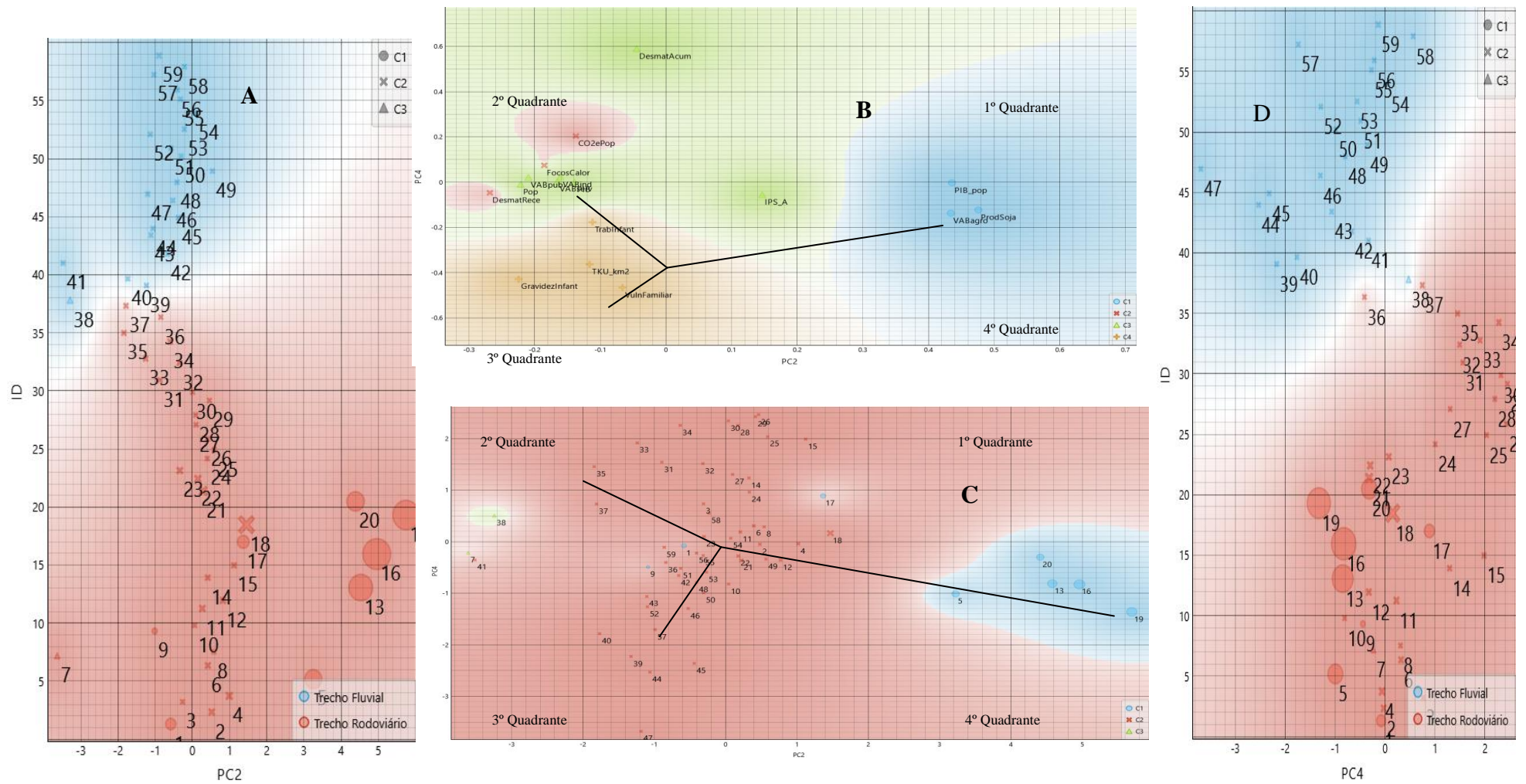
Fonte: Extraído do software *Orange* pelo Autor, 2025.

Figura 36 - Perfil longitudinal do corredor de transporte para a componente CP2-CP3



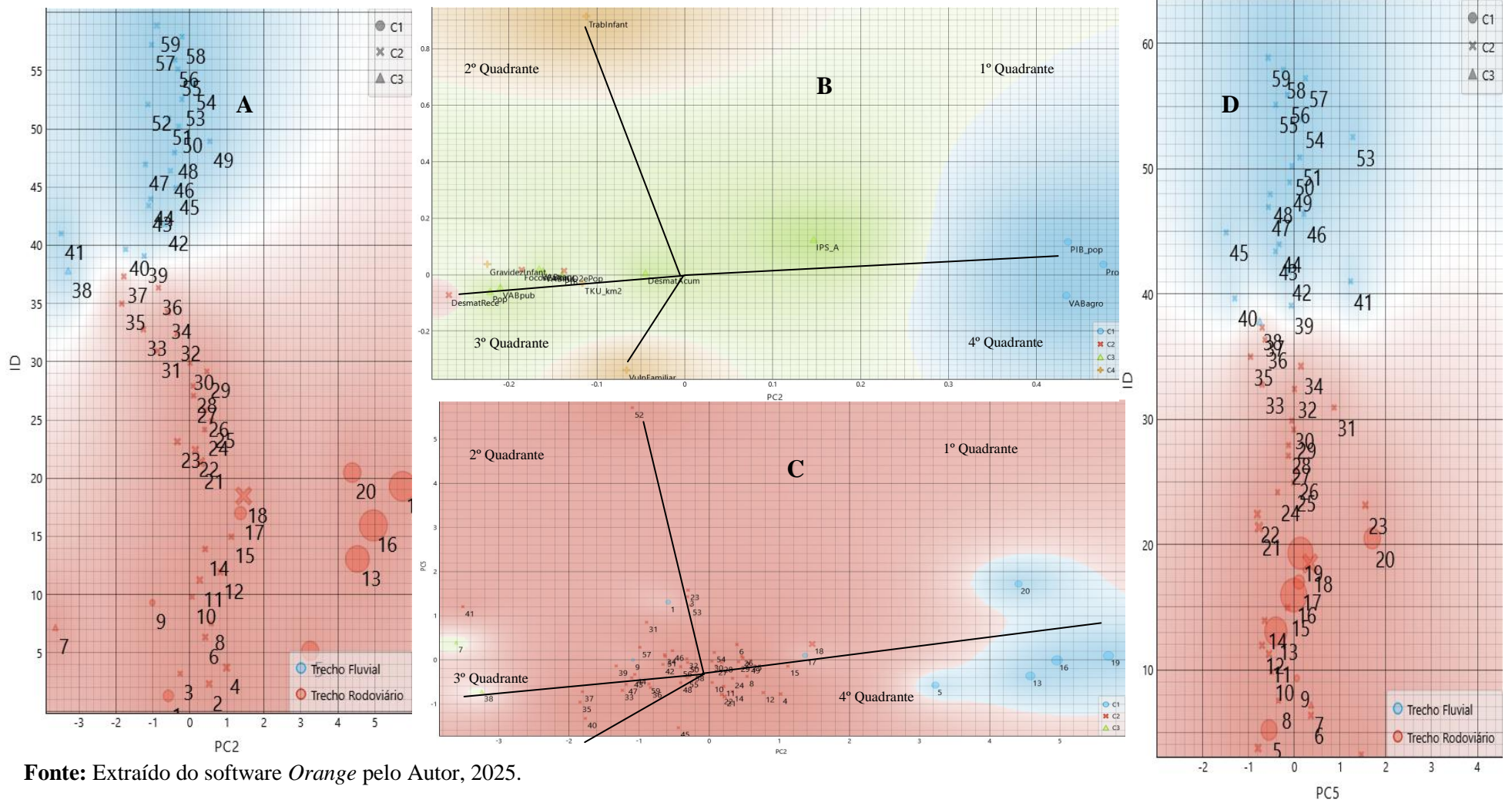
Fonte: Extraído do software *Orange* pelo Autor, 2025.

Figura 37 - Perfil longitudinal do corredor de transporte para a componente CP2-CP4



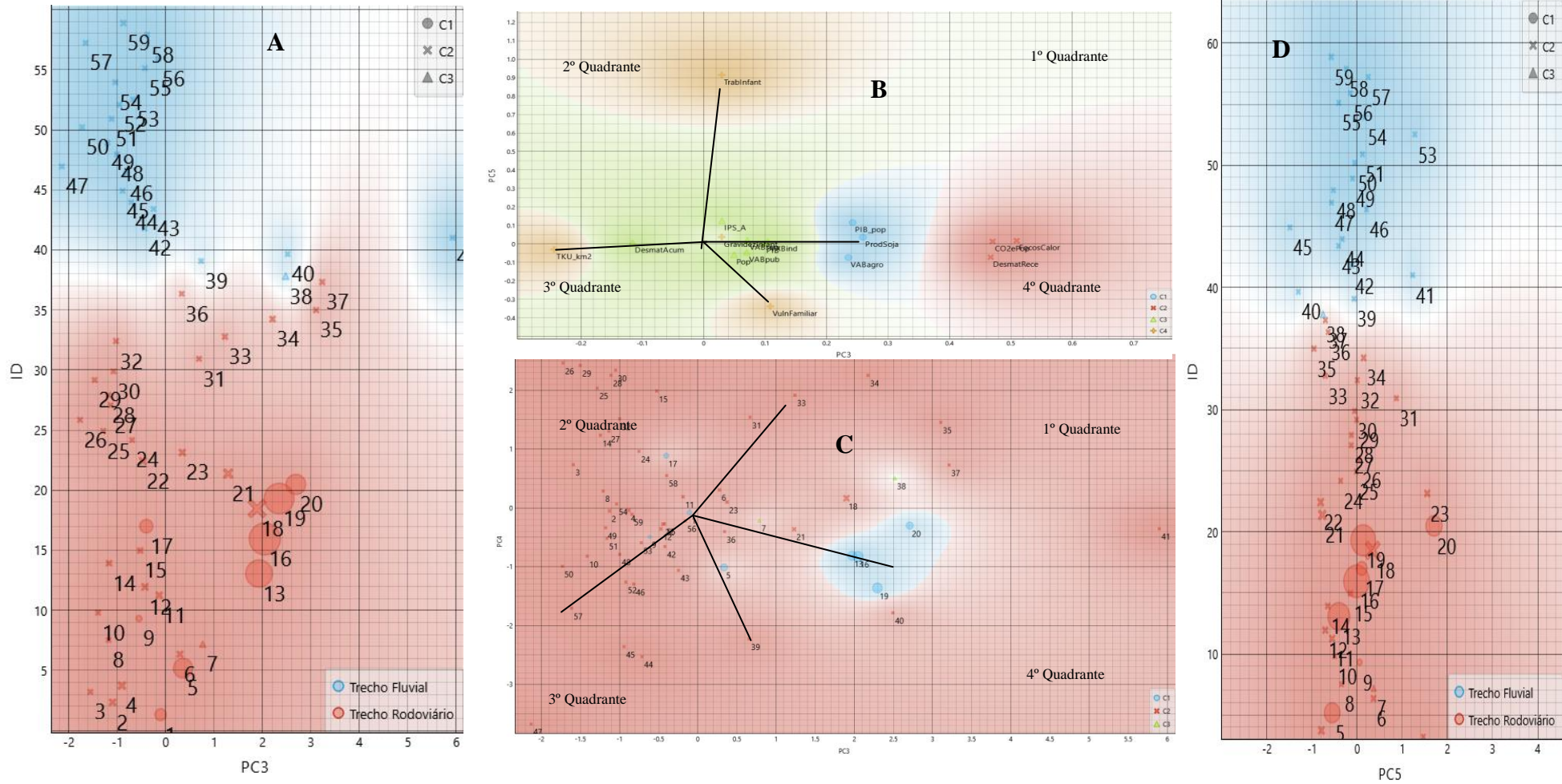
Fonte: Extraído do software *Orange* pelo Autor, 2025.

Figura 38 - Perfil longitudinal do corredor de transporte para a componente CP2-CP5



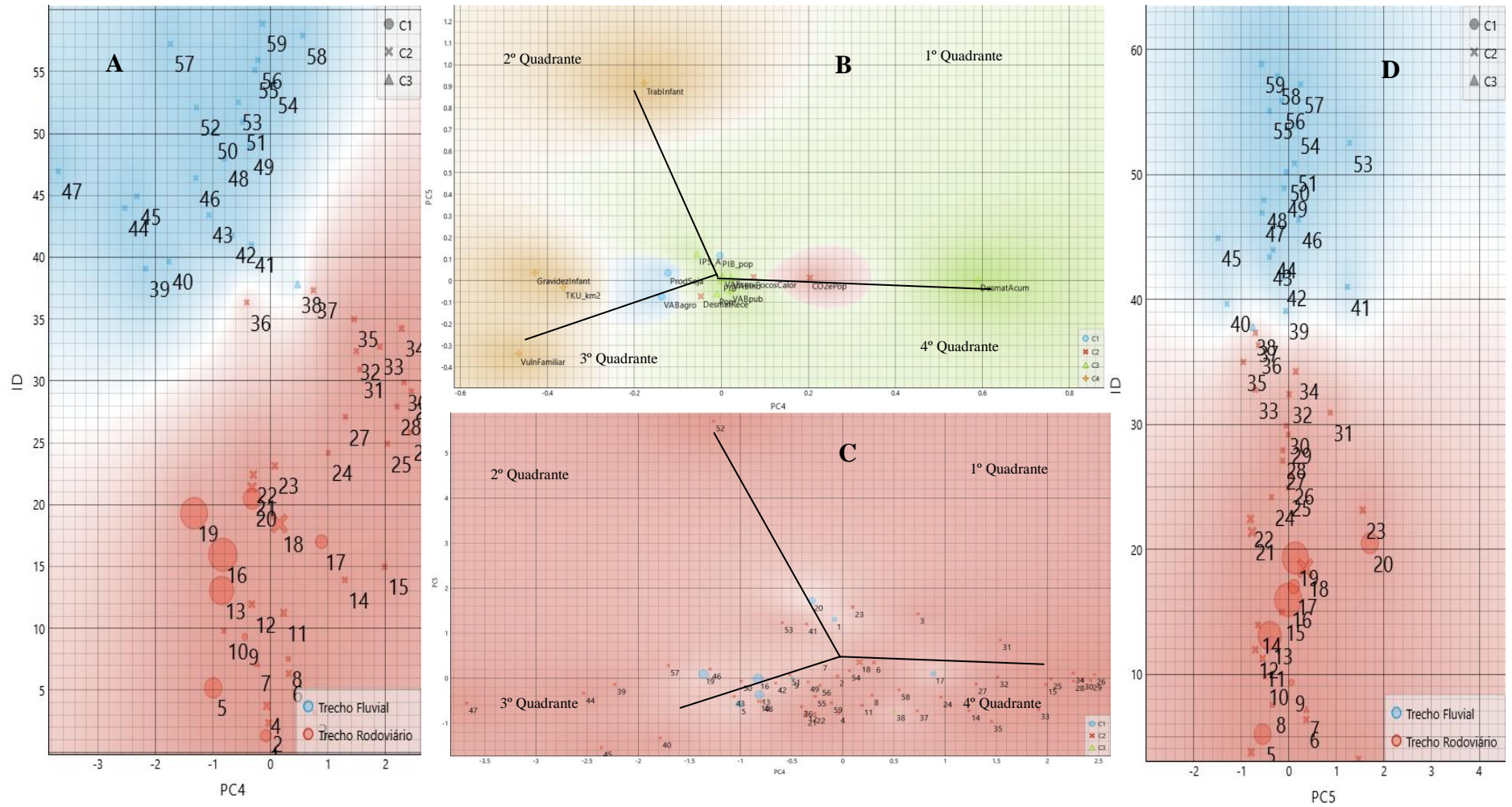
Fonte: Extraído do software *Orange* pelo Autor, 2025.

Figura 40 - Perfil longitudinal do corredor de transporte para a componente CP3-CP5



Fonte: Extraído do software *Orange* pelo Autor, 2025.

Figura 41 - Perfil longitudinal do corredor de transporte para a componente CP4-CP5



Fonte: Extraído do software *Orange* pelo Autor, 2025.

5 DISCUSSÃO

Os agrupamentos de indicadores apresentados no Capítulo 4, nomeadamente os resultados do dendrograma obtido pelo método hierárquico de Ward, refletem similaridades estatísticas observadas no comportamento dos indicadores ao nível municipal, não resultando de categorias teóricas pré-definidas. A sua interpretação, desenvolvida nesta secção, permite, contudo, estabelecer uma articulação direta com as dimensões de sustentabilidade e desenvolvimento territorial discutidas no Capítulo 2, evidenciando que, no corredor BR-364–Rio Madeira, essas dimensões se manifestam de forma integrada e territorialmente diferenciada.

Os resultados apresentados no capítulo anterior evidenciam que o corredor logístico BR-364–Rio Madeira não se configura como um eixo homogêneo de desenvolvimento, mas como um espaço marcado por trajetórias territoriais diferenciadas, nas quais dinamismo econômico, estrutura logística, pressões ambientais e vulnerabilidades sociais se combinam de maneira desigual. A identificação desses gradientes por meio da análise multivariada reforça a compreensão de que os efeitos da integração logística variam significativamente ao longo do território, produzindo tanto áreas de maior inserção produtiva quanto segmentos caracterizados por fragilidades persistentes, conforme observado em estudos sobre corredores logísticos em regiões de fronteira agrícola (Raimbault, 2019; Prus; Sikora, 2021).

Neste capítulo, esses achados são discutidos à luz da literatura sobre corredores de transporte, desenvolvimento territorial e sustentabilidade, buscando compreender em que medida os padrões observados corroboram, tensionam ou ampliam interpretações consolidadas. A discussão avança no sentido de interpretar os *trade-off* territoriais evidenciados, relacionando-os aos processos de especialização produtiva, à configuração da infraestrutura de transporte e às implicações socioambientais associadas ao escoamento de commodities na Amazônia, conforme debatido por Aragão *et al.* (2018), Silveira *et al.* (2022) e Wesz Junior *et al.* (2021).

5.1 Discussão integrada dos principais achados

Os resultados do Capítulo 4 sustentam que o corredor BR-364–Rio Madeira não opera como um “vetor único” de modernização territorial, mas como um arranjo seletivo, no qual ganhos e custos se distribuem de forma espacialmente desigual. Os padrões territoriais identificados neste estudo dialogam diretamente com a literatura sobre corredores logísticos e desenvolvimento territorial, que aponta para efeitos

espacialmente desiguais da infraestrutura de transporte, especialmente em regiões de fronteira agrícola e ambientalmente sensíveis. No entanto, ao integrar simultaneamente indicadores econômicos, sociais, ambientais e de infraestrutura, esta dissertação avança em relação a estudos predominantemente setoriais, ao evidenciar a coexistência de ganhos econômicos concentrados e vulnerabilidades socioambientais persistentes ao longo de um mesmo corredor logístico.

Essa leitura converge com a interpretação proposta por Raimbault (2019), ao argumentar que corredores logísticos tendem a organizar o território por meio de hierarquias funcionais, reforçando centralidades preexistentes e produzindo diferenciações ao longo dos eixos de integração. De modo semelhante, Prus e Sikora (2021) destacam que a integração logística raramente promove convergência automática entre municípios, operando antes como mecanismo de reorganização desigual de fluxos e investimentos.

A análise multivariada evidencia, simultaneamente, a concentração de dinamismo econômico e infraestrutura em poucos polos, a emergência de municípios fortemente especializados na soja e orientados à inserção agroexportadora, e a permanência de segmentos territoriais marcados por maior vulnerabilidade social e ambiental. A tipologia derivada da clusterização reforça essa leitura ao discriminar perfis com lógicas distintas de inserção no corredor. O *Cluster 3* reúne municípios associados a maior dinamismo urbano e econômico, com infraestrutura e inserção logística mais consolidadas, indicando que a integração do corredor tende a se ancorar em nós relativamente estruturados, conforme discutido por Wesz Junior *et al.* (2021) ao analisar o papel das centralidades logísticas no escoamento do agronegócio.

Em contraste, o *Cluster 1* congrega municípios fortemente especializados na soja, com elevado desempenho econômico, mas acompanhados por pressões ambientais mais intensas. Esse padrão dialoga diretamente com os achados de Aragão *et al.* (2018), que evidenciam a associação entre a expansão agropecuária e o avanço do desmatamento na Amazônia, bem como com Silveira *et al.* (2022), que destacam o papel dos grandes eixos de transporte na intensificação de queimadas e emissões associadas ao uso extensivo do solo. Assim, parte relevante da eficiência logística do corredor é sustentada por uma base produtiva ambientalmente sensível.

O *Cluster 2*, por sua vez, concentra municípios com fragilidades sociais e ambientais persistentes, predominantemente no trecho fluvial, reforçando que a conectividade física do corredor não se converte automaticamente em capacidade de absorção de benefícios socioeconômicos. Essa constatação está em consonância com a

análise de Oliveira, Piffer e Garcia (2024), segundo os quais a inserção de territórios amazônicos em cadeias logísticas globais pode coexistir com padrões duradouros de exclusão social, especialmente em contextos de baixa capacidade institucional.

A Análise de Componentes Principais aprofunda essa interpretação ao evidenciar que os agrupamentos não decorrem de um único fator, mas de combinações coerentes entre dimensões produtivas, econômicas, ambientais e sociais. O CP2 associa-se fortemente à produção de soja, expressando um gradiente de especialização agroexportadora, enquanto o CP1 concentra cargas relacionadas à escala econômica e demográfica. Como observa Vieira Filho (2022), especialização produtiva e dinamismo econômico não são dimensões equivalentes do desenvolvimento territorial, podendo evoluir de forma dissociada.

Os componentes ambientais e sociais capturam, por sua vez, pressões recentes e trajetórias acumuladas de degradação, bem como vulnerabilidades sociais relativamente independentes do desempenho econômico. Esse resultado reforça o argumento de que o desenvolvimento no corredor não é unidimensional, corroborando análises que apontam para a coexistência de crescimento econômico, tensões ambientais e déficits sociais em regiões de fronteira agrícola (IPCC, 2021). O achado central, portanto, é a presença de trade-offs territoriais, nos quais a expansão do escoamento e a maior integração logística coexistem com ganhos sociais assimétricos e elevação de pressões ambientais.

Para além dos resultados empíricos discutidos, a análise evidencia que a abordagem metodológica adotada constitui uma contribuição relevante do trabalho. A combinação de técnicas exploratórias multivariadas, em especial a Análise de Componentes Principais e os métodos de agrupamento, permitiu integrar indicadores econômicos, sociais, ambientais e de infraestrutura, viabilizando a identificação de padrões territoriais que não seriam plenamente captados por análises unidimensionais.

A aplicação dessa abordagem ao longo do corredor BR-364–Rio Madeira mostrou-se particularmente adequada para revelar heterogeneidades espaciais, trade-offs entre desenvolvimento econômico e sustentabilidade e diferentes perfis territoriais associados à intensificação logística. Assim, embora aplicada a um estudo de caso específico, a metodologia demonstra potencial de replicabilidade para a análise de outros corredores logísticos e contextos territoriais, desde que respeitadas as especificidades dos indicadores e das escalas de análise.

5.2 Implicações para o planejamento territorial e logístico

Do ponto de vista do planejamento, os resultados indicam que o corredor BR-

364—Rio Madeira não deve ser tratado como um eixo homogêneo, com efeitos médios e uniformes, mas como um arranjo territorial seletivo, no qual funções, oportunidades e riscos variam substancialmente ao longo do traçado. Essa leitura dialoga com a crítica desenvolvida por Raimbault (2019) à noção de corredores como vetores automáticos de desenvolvimento, ao enfatizar seu papel na produção de diferenciações territoriais.

Ao evidenciar que a intensificação logística não produz efeitos homogêneos entre os municípios, os resultados deste estudo reforçam discussões presentes na literatura sobre planejamento territorial e logística sustentável, segundo as quais políticas orientadas exclusivamente para ganhos de eficiência econômica tendem a aprofundar assimetrias territoriais. Nesse sentido, a identificação de clusters territoriais ao longo do corredor BR-364—Rio Madeira constitui um instrumento analítico adicional para orientar políticas públicas diferenciadas, ajustadas às capacidades institucionais e às vulnerabilidades socioambientais específicas dos municípios inseridos no corredor.

Sob a ótica logística, a forte diferenciação entre trechos e perfis municipais sugere que a priorização de investimentos deve ser calibrada por função territorial e por gargalos específicos, e não apenas por métricas agregadas de eficiência de escoamento. Nos trechos com maior inserção produtiva e infraestrutura consolidada, sobretudo no segmento rodoviário, a agenda tende a concentrar-se em confiabilidade operacional, manutenção, segurança viária e gestão de fluxos. Nos segmentos periféricos, em especial no trecho fluvial, estudos sobre logística em áreas de fronteira, como os de Raimbault (2019), indicam que a conectividade básica e a provisão de infraestrutura urbana constituem condicionantes centrais para o acesso aos benefícios do corredor.

As implicações territoriais desse arranjo são diretas. A coexistência de dinamismo econômico com vulnerabilidades sociais e ambientais persistentes indica que políticas universais, aplicadas indistintamente a todo o corredor, tendem a falhar por desenho. Como demonstram Aragão *et al.* (2018) e Silveira *et al.* (2022), os ganhos produtivos associados à expansão do agronegócio na Amazônia não se convertem automaticamente em melhoria das condições sociais, sobretudo quando acompanhados por pressões ambientais intensas. Os resultados empíricos deste estudo reforçam, portanto, a necessidade de um princípio de diferenciação territorial, combinando intervenções estruturantes e instrumentos de mitigação e compensação ajustados aos perfis identificados.

No plano da governança, os *trade-offs* observados recomendam compreender o corredor como um sistema socioecológico-logístico, no qual decisões de infraestrutura, ordenamento territorial e gestão ambiental estejam articuladas. Essa perspectiva

converge com abordagens recentes sobre governança de corredores de transporte, que defendem mecanismos de coordenação intergovernamental e integração entre políticas setoriais, conforme discutido por Raimbault (2019) e reforçado pelas diretrizes do IPCC (2021) no contexto de sustentabilidade e mitigação de riscos socioambientais.

5.3 Limitações do estudo e agendas futuras.

Apesar de a estratégia analítica adotada oferecer uma leitura consistente dos gradientes territoriais do corredor BR-364–Rio Madeira, algumas limitações condicionam o alcance inferencial dos resultados. O desenho exploratório e descritivo, baseado em indicadores secundários padronizados por *z-score*, é adequado para comparabilidade multivariada, mas não elimina limitações relacionadas à qualidade, defasagem temporal e heterogeneidade de cobertura entre fontes e variáveis, restrições amplamente reconhecidas em estudos territoriais baseados em dados institucionais agregados, conforme discutem Favero e Belfiore (2025).

A Análise de Componentes Principais, ao sintetizar a estrutura de correlação dos indicadores em cinco componentes, preserva capacidade interpretativa, mas implica perdas inevitáveis de nuance, especialmente em dimensões institucionais e qualitativas que não se deixam capturar plenamente por *proxies* quantitativos. Como apontam Cadima (2010) e Härdle, Simar e Fengler (2024), esse tipo de redução dimensional envolve sempre um compromisso entre parcimônia estatística e riqueza interpretativa. Ademais, a adoção da unidade municipal introduz efeitos de agregação espacial, nos quais coexistem dinâmicas contrastantes dentro de um mesmo território.

No campo da clusterização, a combinação entre escores da ACP e algoritmos de agrupamento contribui para reduzir multicolinearidade e aumentar estabilidade, mas não elimina limitações inerentes aos métodos. A definição do número de clusters, ainda que orientada por critérios formais, não substitui o julgamento substantivo sobre a interpretabilidade territorial, e algoritmos como o *k-means* permanecem sensíveis a outliers e condições iniciais, conforme amplamente discutido por Favero e Belfiore (2025).

Por fim, os perfis identificados descrevem associações multivariadas, não autorizando inferências causais diretas sobre os efeitos do corredor logístico. As dinâmicas observadas resultam da coprodução de políticas setoriais, ciclos de mercado, mudanças regulatórias e trajetórias históricas que extrapolam a modelagem estatística, como discutido por Aragão *et al.* (2018) e Silveira *et al.* (2022) no contexto amazônico. Essas limitações, contudo, abrem uma agenda clara de aprofundamento. Avanços

futuros podem explorar análises longitudinais, incorporar variáveis institucionais hoje subcapturadas e integrar evidências qualitativas, conforme sugerem Oliveira, Piffer e Garcia (2024). Em uma perspectiva aplicada, a tipologia territorial pode ser convertida em instrumento analítico de apoio à formulação de políticas diferenciadas por perfil municipal, contribuindo para que ganhos de eficiência logística não se traduzam em ampliação das assimetrias territoriais diagnosticadas neste estudo.

À luz dessas interpretações, o conjunto de resultados discutidos neste capítulo evidencia que a dinâmica do corredor BR-364–Rio Madeira é marcada por arranjos territoriais complexos e por trade-offs persistentes entre desempenho econômico, pressões ambientais e condições sociais. A análise integrada dos componentes principais, dos perfis de clusterização e de suas implicações territoriais permite avançar para além da descrição empírica, oferecendo uma leitura analítica dos padrões de diferenciação produzidos pela consolidação do corredor logístico. Nesse sentido, o capítulo seguinte sistematiza os principais achados da pesquisa, retoma os objetivos propostos e destaca as contribuições do estudo para o debate sobre logística, desenvolvimento territorial e sustentabilidade na Amazônia, bem como suas implicações para o planejamento e a formulação de políticas públicas.

Embora a literatura recente reconheça a importância de abordagens integradas para compreender os impactos territoriais de corredores logísticos, ainda são escassos os estudos que aplicam, de forma sistemática, técnicas multivariadas e análise de clusters para identificar tipologias municipais em contextos amazônicos. Assim, o presente trabalho contribui para preencher parcialmente essa lacuna, ao mesmo tempo em que aponta para a necessidade de investigações futuras que ampliem o recorte temporal, incorporem variáveis institucionais e comparem diferentes corredores logísticos em escala nacional.

6 CONCLUSÕES

Este trabalho teve como objetivo analisar a configuração territorial e logística do corredor BR-364–Rio Madeira, buscando compreender de que modo a integração entre infraestrutura de transporte, dinâmicas produtivas e condicionantes socioambientais se expressa de forma desigual ao longo do território. A investigação partiu da premissa de que o corredor não opera como um eixo homogêneo de desenvolvimento, mas como um espaço marcado por gradientes territoriais, nos quais ganhos econômicos, pressões ambientais e vulnerabilidades sociais se combinam de maneira diferenciada entre os municípios.

Para além das contribuições empíricas relativas aos padrões de desenvolvimento territorial e sustentabilidade ao longo da rota BR-364–Rio Madeira, esta dissertação oferece uma contribuição metodológica relevante. Ao longo do desenvolvimento do trabalho, especialmente após a etapa de qualificação, a abordagem multivariada foi sendo consolidada e aprofundada, mantendo-se alinhada ao enquadramento empírico originalmente aprovado.

O modelo analítico proposto demonstrou capacidade de integrar múltiplas dimensões do desenvolvimento territorial, permitindo leituras comparativas e sistemáticas entre municípios inseridos em um corredor logístico. Nesse sentido, a metodologia aplicada configura-se como um instrumento potencialmente replicável para a análise de outros corredores de transporte, abrindo espaço para investigações futuras dedicadas ao seu aperfeiçoamento, validação e generalização em diferentes contextos territoriais.

Em complemento às evidências empíricas e aos resultados metodológicos apresentados, esta dissertação oferece contributos teóricos e práticos relevantes face à literatura existente sobre corredores logísticos, desenvolvimento territorial e sustentabilidade. Do ponto de vista teórico, o principal diferencial do trabalho reside na articulação integrada dessas dimensões por meio de uma abordagem multivariada exploratória, superando análises predominantemente setoriais que tratam de forma isolada indicadores econômicos, sociais, ambientais ou de infraestrutura. Ao identificar padrões territoriais latentes ao longo do corredor BR-364–Rio Madeira, o estudo reforça a compreensão do corredor logístico como um sistema socioecológico-logístico, no qual eficiência econômica, pressões ambientais e vulnerabilidades sociais coexistem e se distribuem de maneira espacialmente desigual.

No plano aplicado, os clusters territoriais identificados constituem um

instrumento analítico relevante para o planejamento territorial e para a formulação de políticas públicas, ao evidenciar que a intensificação logística não produz efeitos homogêneos sobre os municípios inseridos no corredor. Os resultados indicam que ganhos econômicos tendem a concentrar-se em determinados polos, enquanto pressões ambientais e fragilidades sociais incidem de forma mais intensa em territórios com menor capacidade institucional, reforçando a necessidade de estratégias de intervenção diferenciadas e territorialmente ajustadas.

A revisão bibliográfica realizada não identificou estudos que aplicassem, de forma integrada, técnicas de análise multivariada e identificação de clusters territoriais ao longo de corredores logísticos amazônicos, combinando simultaneamente dimensões econômicas, sociais, ambientais e de infraestrutura. Nesse sentido, a abordagem proposta constitui um diferencial metodológico do trabalho e demonstra potencial de replicabilidade para a análise de outros corredores de transporte, contribuindo para o avanço do debate acadêmico e para o aperfeiçoamento de políticas públicas orientadas ao desenvolvimento territorial sustentável.

A questão norteadora do estudo, se a rota BR-364–Rio Madeira constitui um vetor equilibrado de desenvolvimento territorial ou um arranjo seletivo de integração logística — foi respondida de forma consistente pelos resultados empíricos. As evidências indicam que o corredor atua predominante como um mecanismo de diferenciação territorial, concentrando dinamismo econômico e infraestrutura logística em segmentos específicos, enquanto outros trechos permanecem associados a fragilidades socioambientais persistentes. Dessa forma, o avanço da conectividade e do escoamento de commodities não se traduz, de maneira automática ou uniforme, em melhoria das condições sociais, ambientais ou institucionais ao longo de toda a rota.

As hipóteses formuladas foram, em grande medida, confirmadas. Verificou-se, três padrões de desenvolvimento territorial e sustentabilidade sendo o primeiro padrão (*cluster 3*) relacionado aos municípios com atividades de apoio logístico e conectividade territorial possuindo papel essencial nos fluxos de exportação. O segundo padrão (*cluster 1*) está relacionado aos municípios especializados na produção da soja, possuindo ganhos econômicos e não refletindo nas melhorias sociais e apresentando intensificação nas pressões ambientais devido ao uso do solo e expansão da fronteira agrícola. E o terceiro padrão (*cluster 2*) relacionado aos municípios social e ambientalmente vulneráveis localizados no trecho fluvial não capturam os benefícios econômicos gerados pelo escoamento da soja apesar de estar inseridos no trecho fluvial do corredor. Portanto, a existência de uma forte heterogeneidade de desenvolvimento

territorial e ausência de sustentabilidade entre os municípios do corredor, revelada tanto pela Análise de Componentes Principais quanto pelos resultados da *clusterização*. Assim confirmou-se que os municípios com maior inserção logística e produtiva tendem a concentrar melhores indicadores econômicos, ao passo que áreas mais dependentes do transporte fluvial ou situadas em trechos periféricos apresentam maior exposição a pressões ambientais e vulnerabilidades sociais.

Do ponto de vista metodológico, a aplicação combinada da Análise de Componentes Principais e de técnicas de agrupamento mostrou-se adequada para atingir os objetivos propostos. A ACP permitiu sintetizar um conjunto amplo de indicadores em dimensões interpretáveis, associadas às esferas econômica, produtiva, ambiental, social e de infraestrutura, enquanto a *clusterização* possibilitou identificar tipologias municipais coerentes com essas dimensões latentes. A análise dos perfis longitudinais do corredor, por sua vez, contribuiu para explicitar a organização espacial desses gradientes ao longo da rota, reforçando a robustez interpretativa do modelo analítico empregado.

Os principais resultados do estudo evidenciam que o corredor BR-364–Rio Madeira estrutura um território marcado por múltiplos perfis de desenvolvimento, nos quais coexistem polos logísticos mais consolidados, áreas de transição e segmentos caracterizados por fragilidades persistentes. Entre as limitações do trabalho, destacam-se o caráter exploratório da abordagem, a dependência de dados secundários agregados em escala municipal e a impossibilidade de inferências causais diretas sobre os efeitos da infraestrutura logística. Ainda assim, essas restrições não comprometem a validade dos achados, que devem ser compreendidos como uma leitura integrada de padrões territoriais e não como uma avaliação de impacto estrito.

Como recomendação para estudos futuros, aponta-se a ampliação da análise para abordagens temporais, capazes de captar dinâmicas e mudanças de trajetória ao longo do corredor, bem como a incorporação de variáveis institucionais, fundiárias e de governança ambiental ainda pouco representadas em bases estatísticas tradicionais. Ademais, a integração entre métodos quantitativos e investigações qualitativas, incluindo trabalho de campo e análises de políticas públicas, pode aprofundar a compreensão dos mecanismos que produzem e reproduzem as desigualdades territoriais identificadas. Em síntese, esta dissertação contribui para o debate sobre corredores logísticos, desenvolvimento regional e sustentabilidade ao demonstrar que a eficiência do transporte e a expansão da infraestrutura não são neutras do ponto de vista territorial. Ao revelar os gradientes e *trade-offs* associados ao corredor BR-364–Rio Madeira, o

estudo oferece subsídios analíticos relevantes para o planejamento territorial e logístico, reforçando a necessidade de estratégias integradas que conciliem competitividade econômica, proteção ambiental e inclusão social.

Os resultados também sugerem que os municípios ao longo do corredor exercem funções territoriais distintas — desde territórios nodais da produção e da logística até áreas predominantemente atravessadas pelas infraestruturas. A opção metodológica de não impor essa diferenciação a priori permitiu que tais funções emergissem empiricamente, reforçando a utilidade do modelo para informar políticas territoriais diferenciadas. Os indicadores utilizados neste estudo constituem o principal elo entre os resultados estatísticos e a interpretação dos padrões territoriais, ao traduzirem dimensões estruturais do desenvolvimento econômico, social, ambiental e logístico em variáveis comparáveis entre municípios.

A análise multivariada baseada em indicadores econômicos, sociais, ambientais e logísticos permitiu evidenciar que o corredor BR-364–Rio Madeira produz padrões de desenvolvimento territorial seletivos e espacialmente diferenciados, nos quais ganhos econômicos, conectividade logística e vulnerabilidades socioambientais se articulam de forma desigual, confirmando que a intensificação do escoamento da soja não se traduz automaticamente em desenvolvimento territorial sustentável ao longo de toda a rota.

Em síntese, os resultados permitem afirmar que: (i) o objetivo geral da pesquisa foi alcançado, ao evidenciar que o corredor BR-364–Rio Madeira opera como um arranjo territorial seletivo; (ii) a hipótese central foi confirmada, uma vez que a intensificação logística se associa a padrões diferenciados de desenvolvimento territorial e sustentabilidade; e (iii) o estudo de caso identificou três padrões territoriais distintos, correspondentes a perfis de municípios com elevada conectividade logística, especialização produtiva com pressões ambientais e elevada vulnerabilidade socioambiental, respectivamente. Neste sentido, os resultados evidenciam que a sustentabilidade ao longo da rota BR-364–Rio Madeira não decorre automaticamente da eficiência logística, mas da capacidade de articular a conectividade do corredor com políticas territoriais e ambientais que convertam circulação em desenvolvimento territorial efetivo.

Declaração de Uso de Inteligência Artificial Generativa

Esta dissertação foi integralmente concebida, estruturada e redigida pelo autor. As ferramentas de inteligência artificial generativa como Google Colab para programação python e Chatgpt foram utilizadas como apoio.

A busca das referências bibliográficas foram realizadas diretamente no banco de dados de citações de resumos e artigos do Science Direct e Scopus, utilizando a inteligência artificial para fins auxiliares:

- 1) Melhoria visualização de figuras;
- 2) Busca semântica.

Adicionalmente, utilizou o software Zotero como ferramenta de gerenciamento bibliográfico, para organização, conferência e verificação das referências, disponibilizadas por mim via email, sendo nas referências apresentam doi ou link de acesso: adriano.ferreira@ig.ufpa.br

Dessa forma, o uso da inteligência artificial e de ferramentas computacionais no presente trabalho restringiu-se a funções de apoio técnico e operacional, mantendo-se integralmente os princípios de autoria, originalidade, rigor metodológico e responsabilidade científica exigidos na produção acadêmica.

REFERÊNCIAS

- Adachi, K. *Matrix-Based Introduction to Multivariate Data Analysis*. 2. ed. Kyoto: Springer, 2020. <https://doi.org/10.1007/978-981-15-4103-2>
- Akabane, G. K., Santos, J. A. ; Oliveira, R. M. N.; Rieder, R. Reflections on disordered growth on urban mobility. *Urban Mobility Studies*, v. 1, n. 2, p. 1–16, 2023. <https://doi.org/10.56238/Connexpemultidisdevolpfut-034>
- Alhassan, J. A. K.; Anciaes, P. Public transport investments as generators of economic and social activity. *Journal of Transport & Health*, v. 41, p. 9, mar. 2025. & Health, v. 41, p. 9, mar. 2025. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jth.2025.101989>
- Alotaibi, S., Morton, C.; Quddus, M.; Imprialou, M. *Transport investment, railway accessibility and their dynamic impacts on regional economic growth*, p. 23, set. 2021. <https://doi.org/10.1016/j.rtbm.2021.100702>
- Andrade, M. O.; Maia, M. L. A.; Lima Neto, O. C. C. Impactos de investimentos em infraestruturas rodoviárias sobre o desenvolvimento regional no Brasil - possibilidades e limitações. *Transportes*, v. 23, p. 90–99, 2015. <https://doi.org/10.14295/transportes.v23i3.797>
- ANTAQ, 2021. Disponível em: <https://www.gov.br/antag/pt-br/noticias/2022/setor-portuario-movimenta-1-2-bilhao-de-toneladas-de-cargas-em-2021/anuario-2021-vf-003.pdf>. Acesso em: 11 mar. 2025.
- ANTAQ. *Produção de transporte aquaviário: toneladas por quilômetro útil (TKU) no setor aquaviário*. Brasília, DF: Agência Nacional de Transportes Aquaviários, 2024. Disponível em: https://www.gov.br/antag/pt-br/central-de-conteudos/estudos-e-pesquisas-da-antag-1/Estudos_TKU_v09.pdf. Acesso em: 21 jun. 2025.
- Aquino, Roque Juan Carrasco; MELÉNDEZ, Fermín Carreño; PIÑA, David Iglesias (org.). *Las determinaciones territoriales y el discurso de la sustentabilidad*. Ponta Grossa: Atena Editora, 2022. <https://doi.org/10.22533/at.ed.207220109>
- Aragão, L. E. O. C.; Anderson, L. O.; Fonseca, M. G.; Rosan, T. M.; Vedovato, L. B.; Wagner, F. H.; Silva, C. V. J.; Silva junior, C. H. L.; Arai, E.; Aguiar, A. P.; Barlow, J.; Berenguer, E.; Deeter, M. N.; Domingues, L. G.; Gatti, L.; Gloor, M.; Malhi, Y.; Marengo, J. A.; Miller, J. B.; Phillips, O. L.; Saatchi, S.. *21st Century drought-related fires counteract the decline of Amazon deforestation carbon emissions*. *Nature Communications*, v. 9, n. 536, 2018. <https://doi.org/10.1038/s41467-017-02771-y>
- Backhaus, K., Erichson, B.; Gensler, S., Weiber, R.; Weiber, T. *Multivariate Analysis: An Application-Oriented Introduction*. 2. ed. Springer Gabler, 2023. <https://doi.org/10.1007/978-3-658-40411-6>
- BRASIL. Ministério dos Transportes, Portos e Aviação Civil (MTPA). *Relatório de corredores logísticos da soja e do milho*. Brasília, 2017. Disponível em: <https://share.google/ULx1hKx0eG3Kymhd>. Acesso em: 3 maio 2025.
- Cadima, J. F. C. L. *Apontamentos de estatística multivariada*. Lisboa: Departamento de Matemática, Mestrado em Matemática Aplicada às Ciências Biológicas, 2010. Disponível em: <https://tinyurl.com/37xjmxwk>. Acesso: 02 set. 2025.

Calado, J. E. S.; Matias-Pereira, J.; Costa, A. J. B. Orange Data Mining: um estudo das informações do Relato Integrado de Universidades Federais Brasileiras. *Revista do TCU*, Brasília, v. 154, n. 1, p. 172–193, dez. 2024. <https://doi.org/10.69518/RTCU.154.172-193>

Caldeira, V. C.; Lopes, E. P.; Gasques, J. G. Infraestrutura logística do Arco Norte: características, gargalhos e propostas. In: VIEIRA FILHO, J. E. R.; GASQUES, J. G. (Org.). *Agropecuária Brasileira: evolução, resiliência e oportunidades*. Rio de Janeiro: Ipea, 2023. p. 153–173. <http://dx.doi.org/10.38116/9786556350530>

Chaniebate, M. ; He, H; Guo, C.; Abrahamgeremew, B.; Huang, Y. Examining the relationship between transportation infrastructure, urbanization level and rural-urban income gap in China. *Sustainability*, v. 13, n. 3, p. 1–20, 22 maio 2023. <https://doi.org/10.3390/su15108410>

CNA BRASIL. *Mapa da logística da soja e do milho 2020*. 2025. Disponível em: <https://www.cnabrasil.org.br/mapa-da-logistica-da-soja-e-do-milho-no-brasil-2020>. Acesso em: 1 jun. 2025.

CNT. *Pesquisa CNT de rodovias 2014*. Brasília, DF: Confederação Nacional do Transporte, 2015. Disponível em: <https://www.cnt.org.br>. Acesso em: 4 abr. 2025.

Chrzanowski, I. H. *Transport and sustainability*. *Kwartalnik Nauk o Przedsiębiorstwie*, 2018. <https://journals.indexcopernicus.com/search/article?articleId=1792465>

CONAB. *Acompanhamento da safra brasileira: grãos, safra 2024/25*. Brasília, DF: Companhia Nacional de Abastecimento, 2025. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safra/graos/boletim-da-safra-de-graos>. Acesso em: 4 abr. 2025.

Costa, W.; Soares-filho, B.; Nobrega, R. Can the Brazilian National Logistics Plan induce port competitiveness by reshaping the port service areas? *Sustainability*, v. 14, n. 21, p. 18, 2 nov. 2022. <https://doi.org/10.3390/su142114567>

Dainienė, R.; Dagilienė, L. *A TBL approach based theoretical framework for measuring social innovations*. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, v. 213, p. 275-280, 2015. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2015.11.537>

Del Cerro Santamaría, G. Urban megaprojects as disorderly and unruly endeavors. The Academic Research Community Publication. *International Journal*, v. 4, n. 2, p. 40–51, 2020. <https://doi.org/10.21625/archive.v4i2.754>.

Demšar, J.; Curk, T.; Erjavec, A.; Gorup, Č.; Hočevár, T.; Milutinovič, M.; Možina, M.; Polajnar, M.; Toplak, M.; Starič, A.; Štajdohar, M.; Umek, L.; Žagar, L.; Žbontar, J.; Žitnik, M.; Zupan, B. Orange: data mining toolbox in Python. *Journal of Machine Learning Research*, v. 14, n. Aug., p. 2349–2353, 2013. Disponível em: <https://www.jmlr.org/papers/volume14/demsar13a/demsar13a.pdf>. Acesso: 02 set. 2025.

Elkington, J. Triple bottom line revolution: reporting for the third millennium. *Australian CPA*, v. 69, p. 75, 1994.

EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA
Tecnologias de produção de soja na Região Central do Brasil. Brasília, DF: Embrapa,

2022. Disponível em: <www.embrapa.com.br>. Acesso em: 1 jun. 2025.

EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. *Sistema de exportação agropecuária*. Brasília, DF, 2025. Disponível em: <https://www.embrapa.br/macrologistica/sistema/exportacao-agropecuaria>. Acesso em: 1 jun. 2025.

Everitt, B. S.; Landau, S.; Leese, M.; STAHL, D.. *Cluster Analysis*. 5. ed. London: Wiley, 2011.

Favero, L. P.; Belfiore, P. *Manual de análise de dados: estatística e machine learning com Excel®, SPSS®, Stata®, R® e Python®*. 2. ed. Rio de Janeiro: GEN LTC, 2025.

Ferreira, A. S.; Paiva Junior; H., Tobias, M. S. G.; Moraes, R. D. C. M., Figueredo, N. M.; Nunes, A. J. C. (2025). Análise econômica, social e ambiental dos municípios da rota BR-364–Rio Madeira. *Aracê*, v. 7, n. 5, p. 21, 2025. <https://doi.org/10.56238/arev7n5-354>.

Ferreira Filho, A. S. Competitividade internacional do agronegócio. In: VIEIRA FILHO, J. E. R.; GASQUES, J. G. (Org.). *Agropecuária brasileira: evolução, resiliência e oportunidades*. Rio de Janeiro: Ipea, 2023. p. 37–49. <http://dx.doi.org/10.38116/9786556350530>

Graham, D. J.; Bierkens, M. F. P.; Vliet, M. T. H.V. Impacts of droughts and heatwaves on river water quality worldwide. *Journal of Hydrology* v. 629 p. 1-13. 2024 <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2023.130590>

Guo, Y.; Zhang, Q; Lai, K. K; Zhang, Y; Wang, S.; Zhang, W. ⁴The impact of urban transportation infrastructure on air quality. *Sustainability*, v. 12, p. 23, jul. 2020. <https://doi.org/10.3390/su12145626>

Hanaoka, S.; Regmi, M. B. Promoting intermodal freight transport through the development of dry ports in Asia: an environmental perspective. *IATSS Research*, v. 35, n. 1, p. 16–23, jul. 2011. <https://doi.org/10.1016/j.iatssr.2011.06.001>

Hans-Vaughn, Debbie L. *Applied multivariate statistical concepts*. 2. ed. New York: Routledge, 2025.

Härdle, W. K.; Simar, L.; Fengler, M. R. *Applied Multivariate Statistical Analysis*. 6. ed. Berlin: Springer, 2024. <https://doi.org/10.1007/978-3-031-63833-6>

Heidari, I.; Eshlaghy, A. T.; Hoseini, S. M. S. Sustainable transportation: Definitions, dimensions, and indicators – Case study of importance-performance analysis for the city of Tehran. *Heliyon*, v. 9, e20457, 2023. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e20457>

IBGE. *Cidades: panorama*. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2022. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/ap/panorama>. Acesso em: 9 nov. 2022.

IBGE. *Produção de soja*. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/explica/producao-agropecuaria/soja/br>. Acesso em: 1 jun. 2025.

IBGE-SIDRA. *Sistema IBGE de Recuperação Automática – SIDRA*. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/home/pnadct/brasil>. Acesso em: 18 maio 2025.

Ikram, M.; Sadki, J. E. Resilient and sustainable green technology strategies: a study of Morocco's path toward sustainable development. *Sustainable Futures*, v. 8, n. 4, p. 1–16, dez. 2024. <https://doi.org/10.1016/j.sftr.2024.100327>

IMAZON. *Índice de Progresso Social 2025: qualidade de vida dos 5 570 municípios do Brasil*. Belém, PA: Imazon, 2025a. Disponível em: <https://imazon.org.br/publicacoes/indice-progresso-social-2025/>. Acesso em: 1 jun. 2025.

IMAZON. *IPS Amazônia 2018*. Belém, PA: Imazon, 2025b. Disponível em: <https://imazon.org.br/publicacoes/ips-amazonia-2018-2/>. Acesso em: 18 maio 2025.

INFRASA. *Plano Nacional de Logística 2035*. Brasília, DF: Observatório Nacional de Transporte e Logística (ONTL), 2021. Disponível em: <https://ontl.infrasa.gov.br/planejamento/plano-nacional-de-logistica/plano-nacional-de-logistica-2035/>. Acesso em: 18 maio 2025.

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 Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge: Cambridge University Press, 2021. <https://doi.org/10.1017/9781009157896>

WeszJunior, Valdemar João; KATO, Karina; LEÃO, Andréa Rente; LEÃO, Sandro Augusto; LIMA, Maria do Socorro Bezerra de. Dinâmicas recentes do agronegócio no Oeste do Pará (Brasil): expansão da soja e estruturação de corredores logísticos. *Mundo Agrário*, La Plata, v. 22, n. 50, e174, 2021. <https://doi.org/10.24215/15155994e174>

Kaiser, N.; Barstow, C. K. Rural transportation infrastructure in low- and middle-income countries: a review of impacts, implications, and interventions. *Sustainability*, v. 14, p. 48, 25 jan. 2022. <https://doi.org/10.3390/su14042149>

Kussano, M. R.; Batalha, M. O. Custos logísticos agroindustriais: avaliação do escoamento da soja em grão do Mato Grosso para o mercado externo. *Gestão & Produção*, v. 19, n. 3, p. 619–632, 2012. <https://doi.org/10.1590/S0104-530X2012000300013>

Leoneti, A.; Nirazawa, A.; Oliveira, S. Proposta de índice de sustentabilidade como instrumento de autoavaliação para micro e pequenas empresas (MPEs). *REGE – Revista de Gestão*, v. 23, n. 3, p. 349–361, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.rege.2016.09.003>.

Lima, F. C. G. de C. Contabilidade social: a nova referência das contas nacionais do Brasil. In: FEIJÓ, C. A.; RAMOS, R. L. O. (Org.). *Contabilidade social: a nova referência das contas nacionais do Brasil*. 4. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2013. p. 399

Lima, J. A. P.; Progênio, M. F.; Costa, C. E. A. de S.; Cris, D. L. . Urban Sustainability Assessment in Eastern Amazon Municipalities. *Sustainable Development*, v.32, p.2403-2416, 2024. <https://doi.org/10.1002/sd.2788>

Llorca, R. P.; Lima, R. S.; Lopes, H. S. Análise da logística de exportação da soja do Centro-Oeste brasileiro a partir da expansão do Canal do Panamá. In: 32. Congresso de Pesquisa e Ensino em Transporte, 2018 p 1-13. Disponível em : https://www.anpet.org.br/anais32/documentos/2018/Logistica/Logistica%20de%20Carga%20de%20Longa%20Distancia/2_379_AC.pdf Acesso em : 05 mar. 2025.

- Lopes, G. R.; Lima, M. G. B.; Reis, T. N. P. dos. Maldevelopment revisited: inclusiveness and social impacts of soy expansion over Brazil's Cerrado in Matopiba. *World Development*, v. 139, p. 17, mar. 2021. <https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2020.105316>
- Lourençoni, T.; Silva Junior, C. A.; Lima, M.; Teodoro, P. E.; Pelissari, T. D.; Santos, Regimar G.; Teodoro, L. P. R.; Luz, I. M.; Rossi, F. S. Advance of soy commodity in the southern Amazonia with deforestation via PRODES and ImazonGeo: a moratorium-based approach. *Scientific Reports*, v. 11, n. 21792, 2021. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-01350-y>
- Medina, G. da S. The Economics of Agribusiness in Developing Countries: Areas of Opportunities for a New Development Paradigm in the Soybean Supply Chain in Brazil. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, v. 6, p. 12, 17 mar. 2022. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2022.842338>
- Ministérioda Agriculturae Pecuária. *Infraestrutura e logística de safra de grãos soja*. Brasília, DF: Ministério da Agricultura e Pecuária, [2025]. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/politica-agricola/infraestrutura-e-logistica/infraestrutura-e-logistica>. Acesso em: 1 maio 2025.
- Monroy, L. G. D.; Rivera, M. A. M. *Estadística multivariada: inferencia y métodos*. 2. ed. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias, Departamento de Estadística, 2012. 570 p. ISBN 978-958-701-195-1
- Mourão, F. de A. *Contabilidade social*. 1. ed. Manaus: Editora da Universidade Federal do Amazonas, 2008. Disponível em: https://www.home.ufam.edu.br/andersonlfc/Intro_Macro/Contabilidade%20Social%20-%20Livro.pdf. Acesso: 01 mar. 2025
- Observatório Nacionalde Transporte e Logística – ONTL. *Corredores de transporte internacionais para a integração da América do Sul*. Brasília: Infra S.A., 2024. (Boletim de Logística, abril/2024). Disponível em: <https://www.infrasa.gov.br>. Acesso em: 20 ago. 2025.
- Okyere, S.; Yang, J.; Adams, C. A. Optimizing the sustainable multimodal freight transport and logistics system based on the genetic algorithm. *Sustainability*, v. 14, n. 18, p. 21, 2022. <https://doi.org/10.3390/su141811577>
- Oliveira, I.; Piffer, C.; Garcia, D. S. S. A Transnacionalidade do Rio Madeira. *Revista Jurídica da Amazônia*, v. 1, n. 1, p. 135-157, 2024. <https://doi.org/10.63043/rja.v1i1.63>
- Perreira, A.; Silva, R. Effect of environment on students performance through Orange tool of data mining. In: MOREIRA, D. et al. (Eds.). *Advances in Educational Data Mining*. [S.l.]: Springer, 2023. p. 345–358.
- Pires, M. O. Cerrado, old and new agricultural frontiers. *Brazilian Political Science Review*, p. 24, 2020. <https://doi.org/10.1590/1981-3821202000030006>
- Paraguassú-Chaves, C. A.; Cavalcante, F. R. C.; Lima, G. F. de Fonseca C, Ana M. M. da; Trindade, C. D.; Aznar Filho, S.; Smith, R. D.; Aznar, S. D.; Almeida, F. M. de. Development of the Sustainable Development Index in Hydrographic Basins in Western Amazonia (Brazil). *International Journal for Innovation Education and Research*, v. 10, n. 9, p. 283–310, 2022. <https://doi.org/10.31686/ijer.vol10.iss9.3908>

- Pokharel, R.; Bertolini, L.; Brommelstroet, M. How does transportation facilitate regional economic development? A heuristic mapping of the literature. *Transportation Research Interdisciplinary Perspectives*, p. 13, 2023. <https://doi.org/10.1016/j.trip.2023.100817>
- Prus, P.; Sikora, M. The impact of transport infrastructure on the sustainable development of the region: case study. *Agriculture*, p. 15, 24 mar. 2021. <https://doi.org/10.3390/agriculture11040279>
- Quium, A. S. M. A. Transport corridors for wider socio-economic development. *Sustainability*, v. 11, n. 19, p. 23, set. 2019. <https://doi.org/10.3390/su11195248>
- Raimbault, J. Modeling interactions between transportation networks and territories: a co-evolution approach. *Journal of Transport Geography*, v. 73, p. 134–145, 2019. <https://doi.org/10.48550/arXiv.1902.04802>
- Relatório Brundtland. *Nosso futuro comum*. Rio de Janeiro: Fundação Getulio Vargas, 1987 Disponível em: <https://ambiente.wordpress.com/wp-content/uploads/2011/03/brundtland-report-our-common-future.pdf> Acesso: 22 de Junho de 2025
- Ritchie, H. Cars, planes and trains: where do CO₂ emissions from transport come from? Disponível em: <https://ourworldindata.org/co2-emissions-from-transport> Acesso em: 1 jun. 2025.
- Sales, R. V. de. A importância do tráfego aquaviário no Norte do Brasil. *Revista Científica*, v. 12, n. 244, p. 20, 2024. <http://dx.doi.org/10.35265/2236-6717-244-12936>
- Salomão, R. Situação territorial, desmatamento e focos de calor em 60 municípios da Amazônia Legal. Belém, PA: Imazon, 2020. Disponível em: <https://imazon.org.br/publicacoes/situacao-territorial-desmatamento-e-focos-de-calor-em-60-municipios-da-amazonia-legal/>. Acesso em: 20 ago. 2025.
- Santos, D.; Mosaner, M.; Celentano, D.; Mora, R.; Veríssimo, A. . Índice de Progresso Social na Amazônia Brasileira – IPS Amazônia 2018. Belém, PA: Imazon, 2018. 68 p. Disponível em: <https://imazon.fly.storage.tigris.dev/uploads/2019/02/IPS-Amaz%C3%B4nia-2018.pdf>. Acesso em: 1 mai. 2025.
- SEEG. Emissões brutas de CO₂. Disponível em: <https://plataforma.seeg.eco.br/>. Acesso em: 1 jun. 2025.
- SIDRA. Sistema IBGE de Recuperação Automática. *Produção de soja em grãos em toneladas – 2018*. Rio de Janeiro: IBGE, 2025. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/5457>. Acesso em: 2 fev. 2025.
- Silva, L. A. C. da; Araujo, M. V. P. de; Brito, M. L. de A. Logística intermodal no estado do Rio Grande do Norte: um estudo exploratório. *Research, Society and Development*, v. 7, p. 19, 2018. <https://doi.org/10.17648/rsd-v7i7.311>
- Silveira, M. V. F.; Silva-Junior, C. H. L.; Anderson, L. O.; Aragão, L. E. O. C. Amazon fires in the 21st century: The year of 2020 in evidence. *Global Ecology and Biogeography*, v. 31, n. 10, p. 2026–2040, 2022. <https://doi.org/10.1111/geb.13577>
- Tobias, M. S. G. (Coord.). Modelo estratégico de análise e formação de redes de

transportes na Amazônia como alternativa de redução do custo Brasil: relatório etapas 1 e 2: panorama geral sobre o Arco Amazônico e a soja do Centro-Oeste: base de informação e potencialidades. Belém, PA: Dos Autores, 2024. ePub. ISBN 978-65-01-12604-3.

Tobias, M. S. G. (Coord.). Modelo estratégico de análise e formação de redes de transportes na Amazônia como alternativa de redução do custo Brasil: ARCLOG Norte: relatório etapas 3 e 4: modelagem de demanda e análise de redes logísticas. 1. ed. Belém, PA: Ed. dos Autores, 2025. ePub. ISBN 978-65-01-46669-9.

Vieira filho, J. E. R. O desenvolvimento da agricultura do Brasil e o papel da Embrapa. Texto para discussão, p. 50, mar. 2022<https://doi.org/10.3390/su16052136>

Vilarinho, A. , Bartocci, L., Cezarino, L. O., Micco, J. D., Mommens, K., Macharis, C. .*Challenges and opportunities for the development of inland waterway transport in Brazil*. Sustainability, p. 25, 5 mar. 2024.

Voltolini, R. *Vamos falar ESG? : provocações de um pioneiro em sustentabilidade empresarial*. 1. ed. Belo Horizonte: Voo, 2021 221p.

Wani, A. A. *Comprehensive analysis of clustering algorithms: exploring limitations and innovative solutions*. PeerJ Computer Science, p. 45, 29 ago. 2024.<https://doi.org/10.7717/peerj-cs.2286>

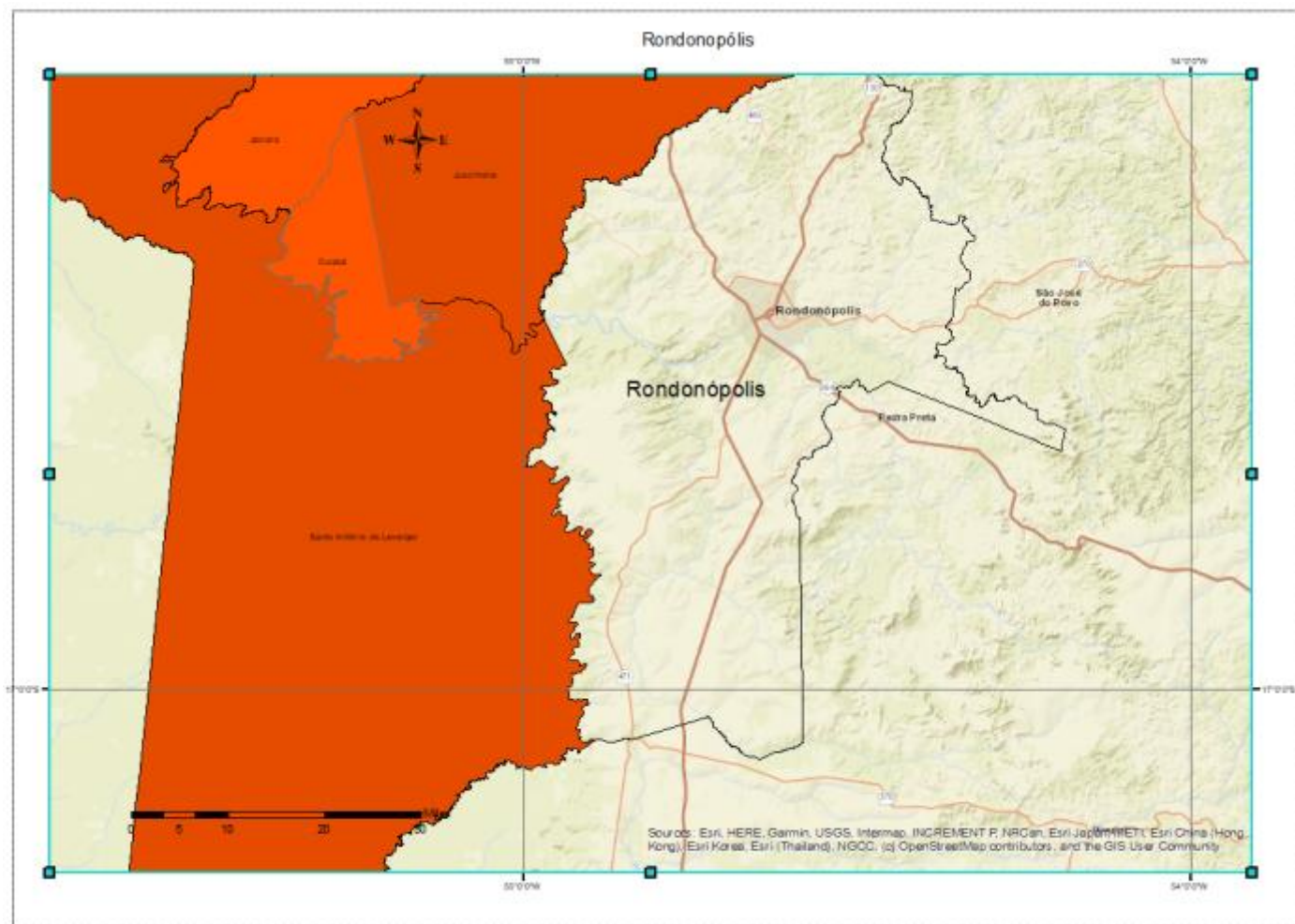
Wilm, M.; Santos, D.; Veríssimo, B.; Mosaner, M.; Seifer, P.; Marangoni, S.; Coelho, L.; Silva, C.; Albuquerque, R.; Vilhena, A.; Veríssimo, R. P. *Índice de Progresso Social Brasil 2024: qualidade de vida nos 5.570 municípios do Brasil*. Belém: Instituto do Homem e Meio Ambiente da Amazônia (Imazon), 2024. Licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional. Disponível em:<https://amazonia2030.org.br/wp-content/uploads/2025/06/IpsBrasil2025.pdf>. Acesso em 30 ago. 2024.

Zelterman, D. *Applied multivariate statistics with R*. 2. ed. New Haven, CT: Springer, 2022.<https://doi.org/10.1007/978-3-031-13005-2>

ANEXO A – Descrição dos Municípios da Rota BR364-Rio Madeira

1.Rondonópolis/BR364.....	118
2. Juscimeira/ BR364	119
3. São Pedro da Cipa/ BR364.....	120
4.Jaciara/ BR364.....	121
5.Campo Verde/ BR364.....	122
6. Santo Antônio do Leverger/ BR364.....	123
7.Cuiabá/ BR364108.....	124
8. Jangada/ BR364.....	125
9.Várzea Grande/ BR364	126
10.Acorizal/ BR364.....	127
11.Rosário Oeste/ BR364.....	128
12.Nobres/ BR364.....	129
13.Diamantino/ BR364	130
14.Nortelândia/ BR364	131
15.Nova Marilândia/ BR364.....	132
16.Campo Novo dos Parecis/ BR364.....	133
17.Tangará da Serra/ BR364.....	134
18.Brasnorte/ BR364	135
19.Sapezal/ BR364.....	136
20.Campos de Julio/ BR364.....	137
21.Comodoro/ BR364.....	138
22.Vilhena/ BR364.....	139
23.Chupinguaia	140
24.Pimenta Bueno/ BR364.....	141
25.Cacoal/ BR364.....	142
26.Presidente Médice/ BR364.....	143
27.Ji-Paraná/ BR364	144
28.Ouro Preto do Oeste/ BR364.....	145
29.Jaru/BR364	146
30.Theobroma/BR364.....	147

31.Cacaulândia/BR364	148
32.Ariquemes/BR364.....	149
33.Alto Paraíso/ BR364.....	150
34.Rio Crespo/ BR364.....	151
35.Cujubim/ BR364.....	152
36.Itapuã do Oeste/ BR364.....	153
37.Candeias do Jamari/ BR364.....	154
38.Porto Velho/Rio Madeira.....	155
39.Humaitá/Rio Madeira.....	156
40.Manicoré/Rio Madeira.....	157
41.Novo Aripuanã/Rio Madeira.....	158
42.Borba/Rio Madeira.....	159
43.Autazes/Rio Madeira.....	160
44.Nova Olinda do Norte/Rio Madeira.....	161
45.Itacoatiara/Rio Amazonas.....	162
46. Silves/Rio Amazonas	163
47.Urucurituba/Rio Amazonas	164
48.Itapiranga/Rio Amazona s.....	165
49.Urucará/Rio Amazonas	166
50.Parintins/Rio Amazonas	167
51.Jurutí/Rio Amazona s.....	168
52.Nhamudá/Rio Amazonas	169
53.Faro/Rio Amazonas	170
54.Terra Santa/Rio Amazonas	171
55.Oriximiná/Rio Amazonas	172
56.Óbidos/Rio Amazonas	173
57.Curuá/Rio Amazonas.....	174
58.Alenquer/Rio Amazonas.....	175
59.Santarém/Rio Amazonas.....	176



Rondonópolis/BR364

O município foi fundado em 10 de agosto de 1915 com uma população segundo IBGE (2023) 259.167 habitantes. Localizada na região sudeste do estado de Mato Grosso a 210 km da capital Cuiabá.

Link:

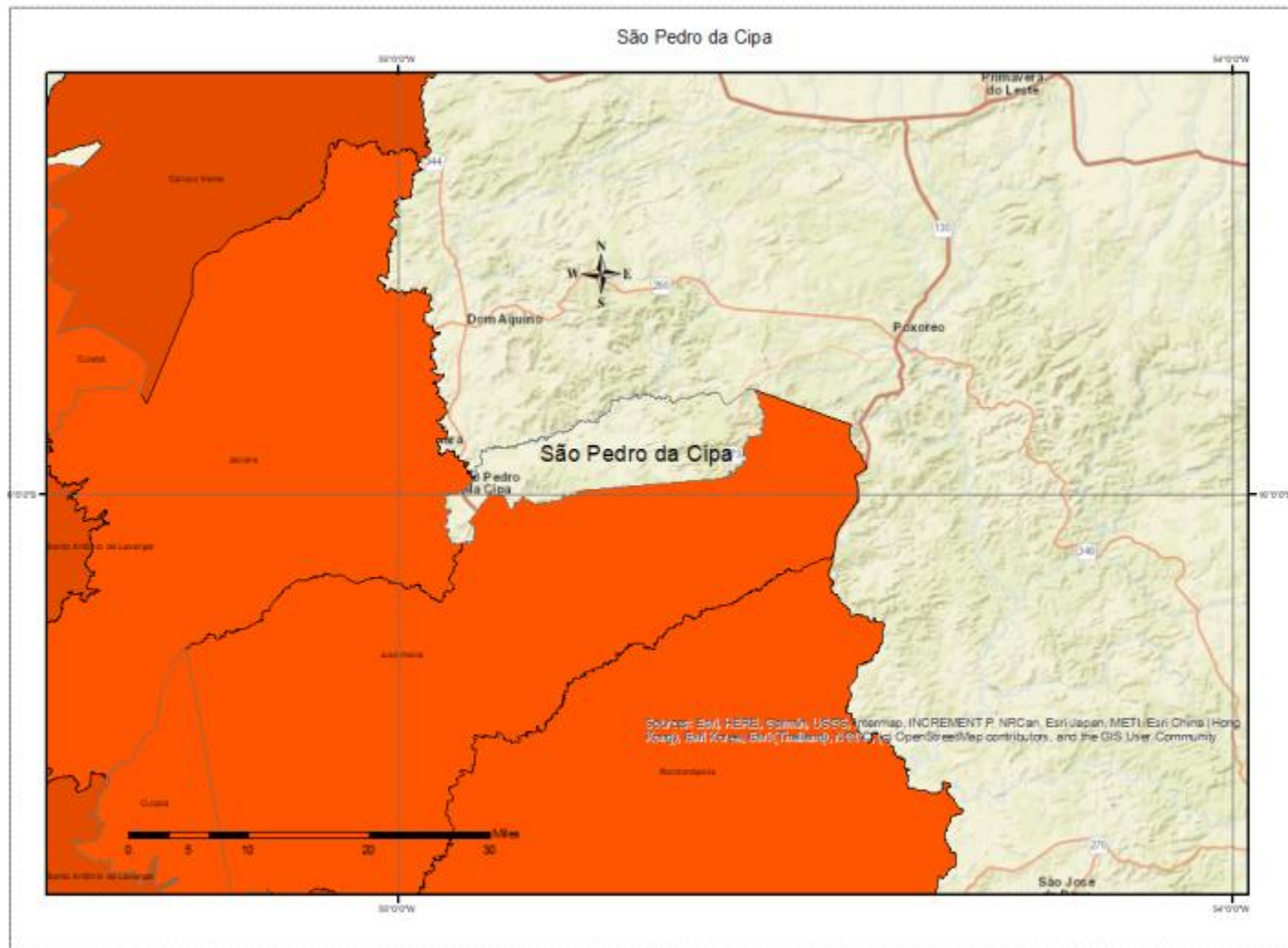
<https://pt.wikipedia.org/wiki/Rondon%C3%B3polis>



Latitude: 16°27'38.94"S

Longitude: 54°37'12.90"O

Fonte: Google Earth Pro 2025 Airbus



São Pedro da Cipa/ BR364

O município foi fundado em 20 de dezembro de 1991 sendo seu primeiro nome Centro-Nápolis. O município é localizado às margens do Rio São Lorenzo. link:

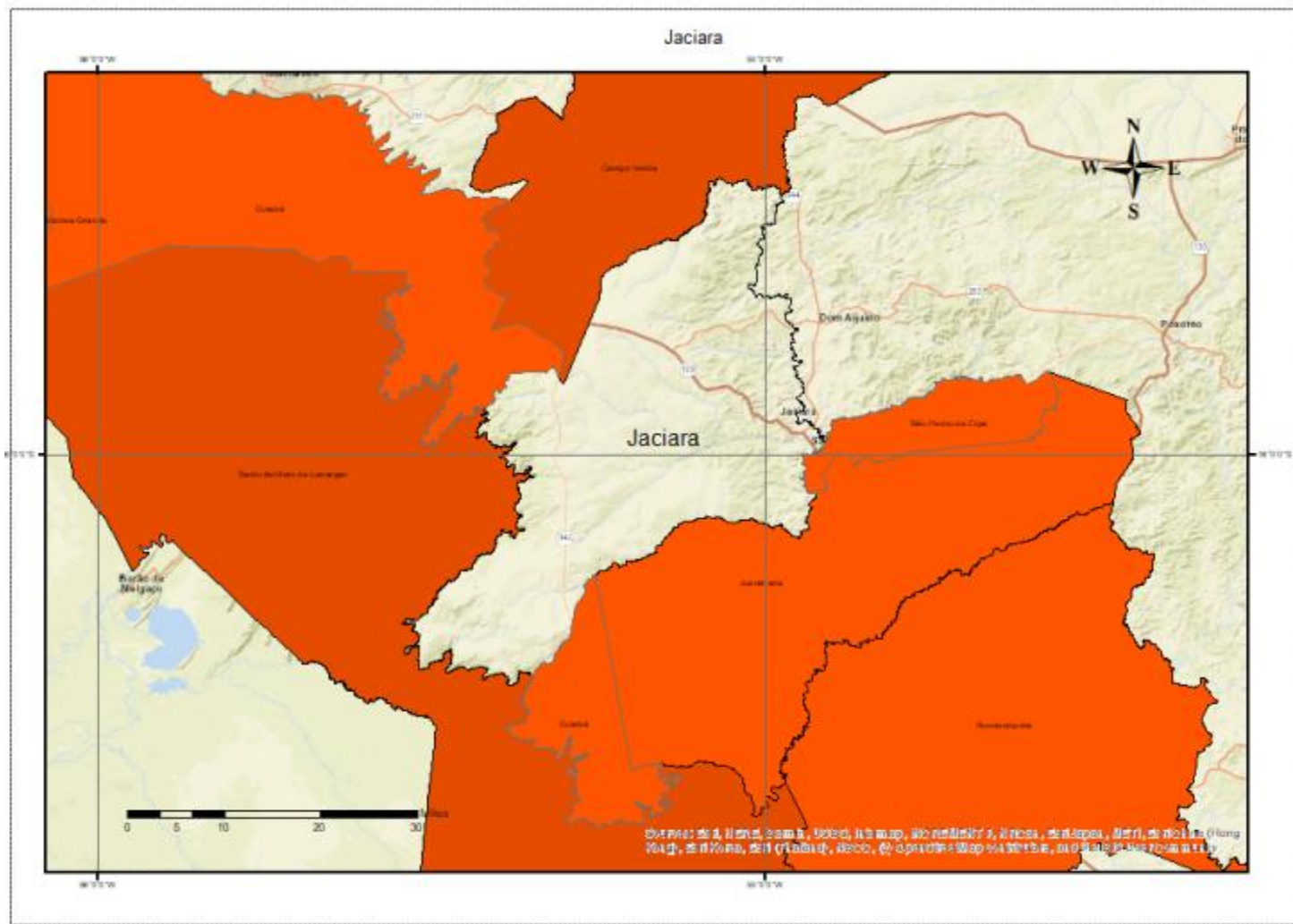
<https://www.saopedrodacipa.mt.gov.br/dados/>



Latitude: 16° 00' 02" S

Longitude: 54° 55' 17" O

Fonte: Google Earth Pro 2025



Jaciara/ BR364

O município foi fundado 20 de dezembro de 1958 sendo seus primeiros habitantes os índios bororós.

link:

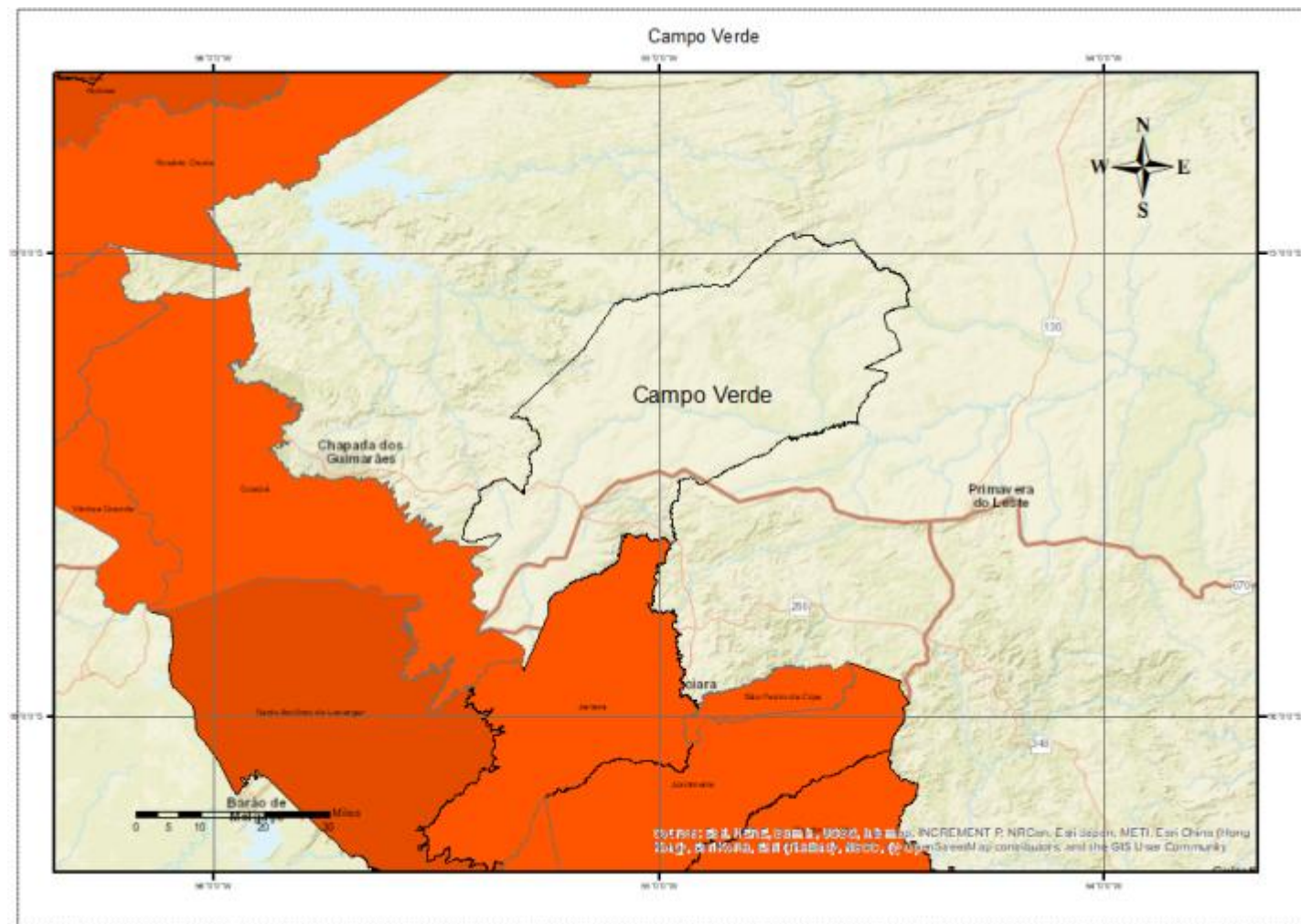
<https://www.jaciara.mt.gov.br/dados/>



Latitude: 15° 57' 54" S

Longitude: 54° 58' 04" O

Fonte: Google Earth Pro 2025



Campo Verde/ BR364

O município foi fundado pela lei estadual nº 5314 de 4 de julho de 1988, com território desmembrado dos municípios de Cuiabá e Dom Aquino. O nome Campo Verde foi escolhido após um plebiscito entre os moradores e faz referência às extensas plantações de soja que tomam conta da paisagem no período da safra da leguminosa.

Link:

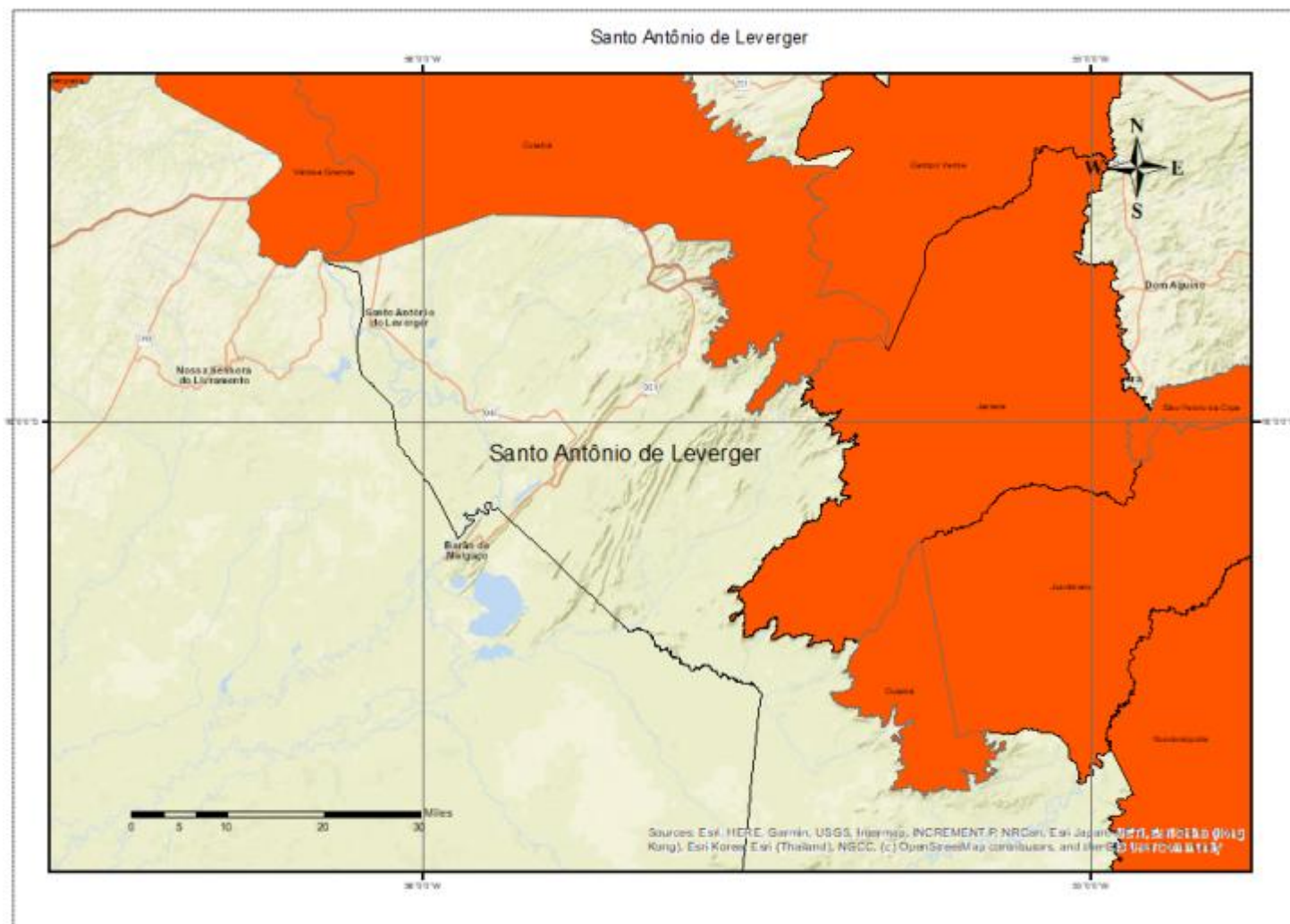
<https://campoverde.mt.gov.br>



Latitude: 15° 32' 44" S

Longitude: 55° 09' 59" O

Fonte: Google Earth Pro 2025



Santo Antônio do Leverger/ BR364

O município foi fundado em 14 de julho de 1890 sendo conhecida internacionalmente como Marechal Cândido Rondon onde sua economia é a pesca e agricultura de subsistência.

Link:

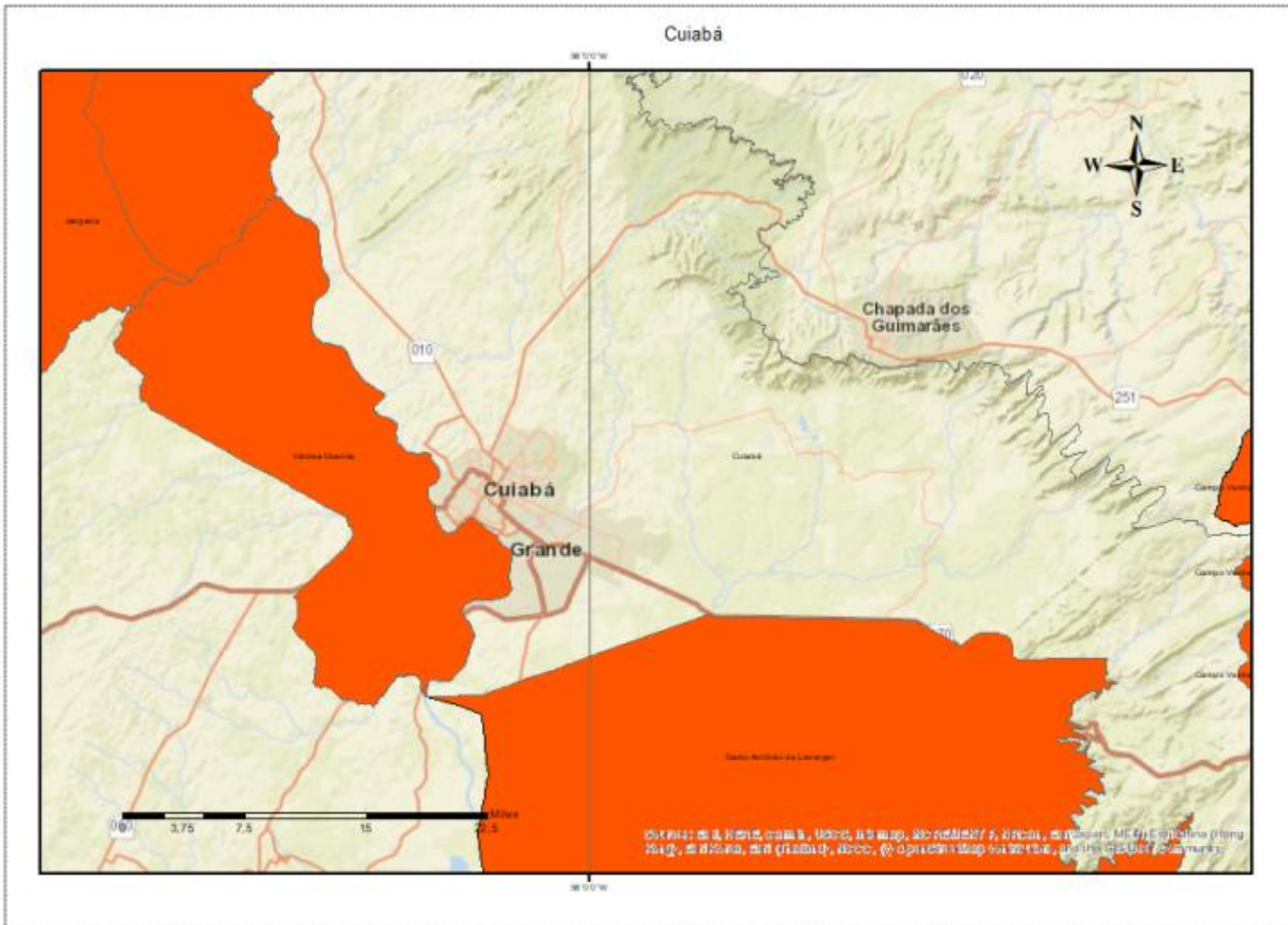
https://pt.wikipedia.org/wiki/Santo_Ant%C3%B4nio_de_Leverger



Latitude: 15° 51' 57" S

Longitude: 56° 04' 37" O

Fonte: Google Earth Pro 2025



Cuiabá/ BR364

O município foi fundado em 8 de abril de 1719 na margem esquerda do rio Cuiabá por Pacoal Moreira Cabral e descoberto por Muguel Sutil, ambos bandeirantes nascidos na cidade de Sorococaba. Sendo sua economia na cana de açúcar e extrativismo.

Link:

<https://pt.wikipedia.org/wiki/Cuiabá>



Latitude: 15° 35' 45" S

Longitude: 56° 05' 49" O

Fonte: Google Earth Pro 2025

Jangada/ BR364

O município foi fundado em 2 de dezembro de 1945 pelos primeiros habitantes de "Passa Três" foram Félix José de Trindade, Ricardo Firmo da Cunha, Joaquim Marques da Silva, Antonio de Almeida e Fidêncio Ribeiro e familiares e escoavam a produção pelo rio Cuiabá. O nome "Jangada" como homenagem ao Ribeirão Jangada, que corta a sede do território e deságua no Rio Cuiabá. Link:

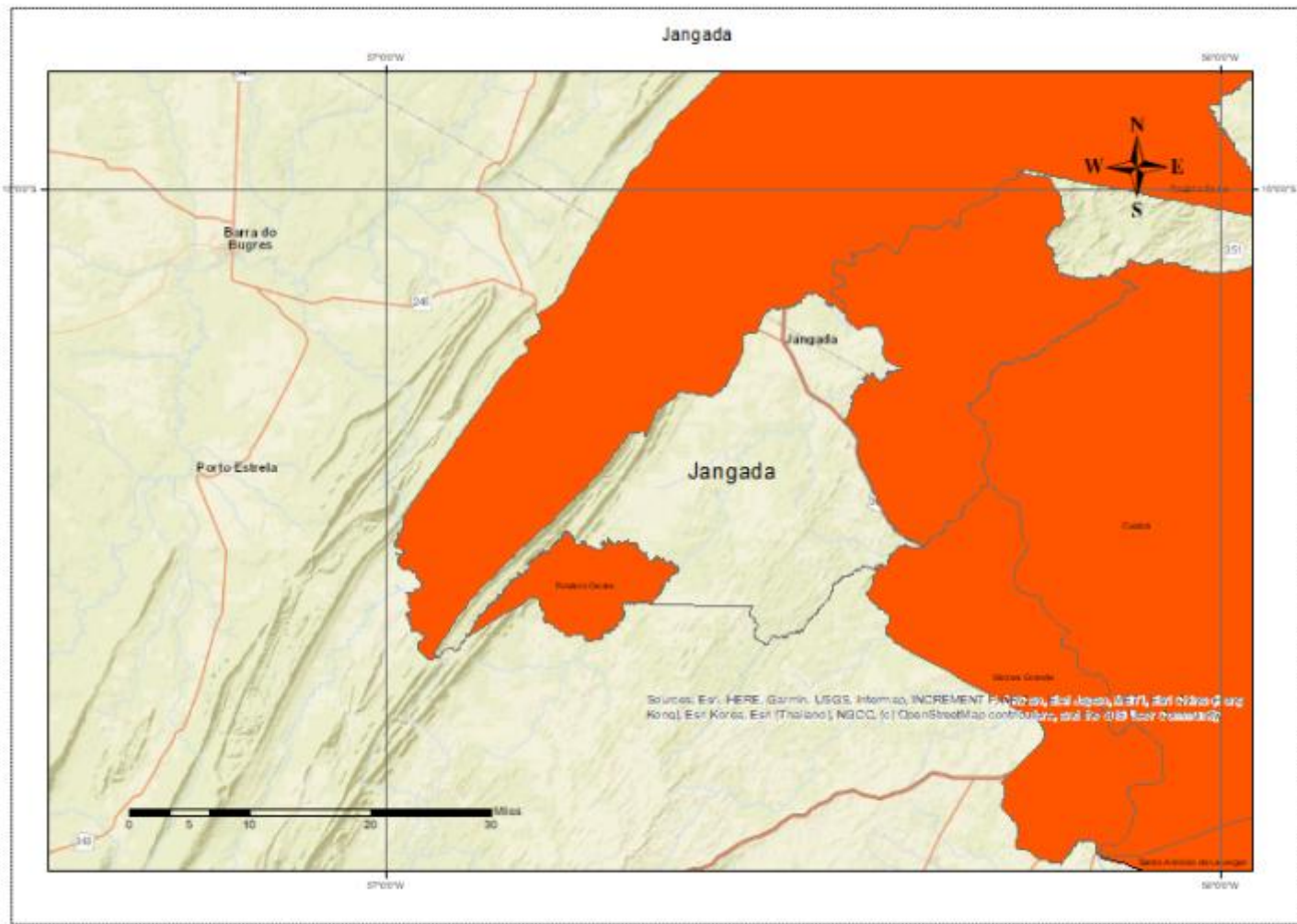
[https://pt.wikipedia.org/wiki/Jangada_\(Mato_Grosso\)](https://pt.wikipedia.org/wiki/Jangada_(Mato_Grosso))

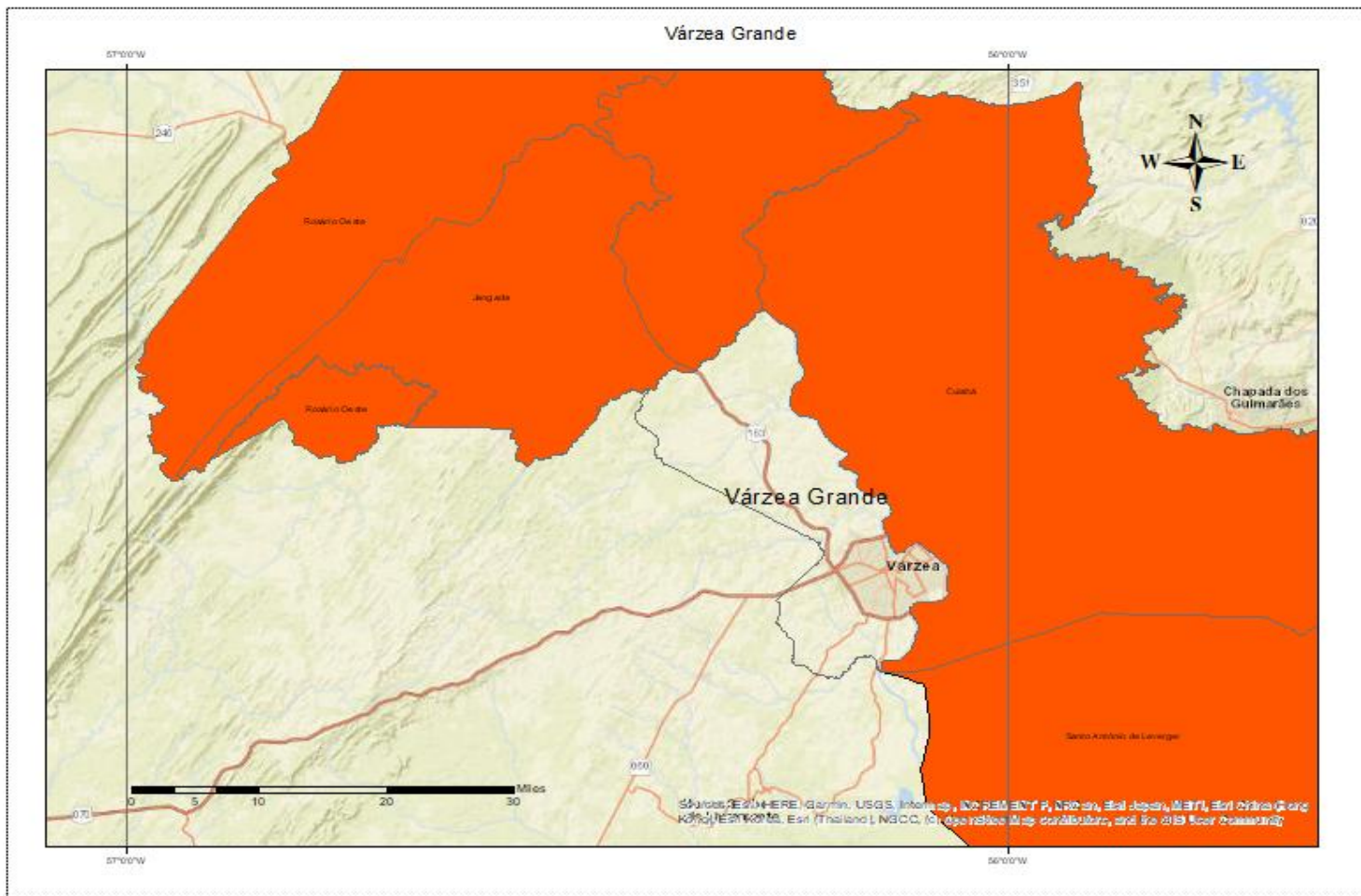


Latitude: 15° 14' 09" S

Longitude: 56° 29' 20" O

Fonte: Google Earth Pro 2025





Várzea Grande/ BR364

o município foi fundado em 15 de maio de 1867 pelo presidente do Estado Brigadeiro José Vieira Couto de Magalhães e está a margem direita do rio Cuiabá, sendo o quarto lugar no Produto Interno Bruto de Mato Grosso ficando atrás de Cuiabá, Rondonópolis e Sorriso,.

Link:

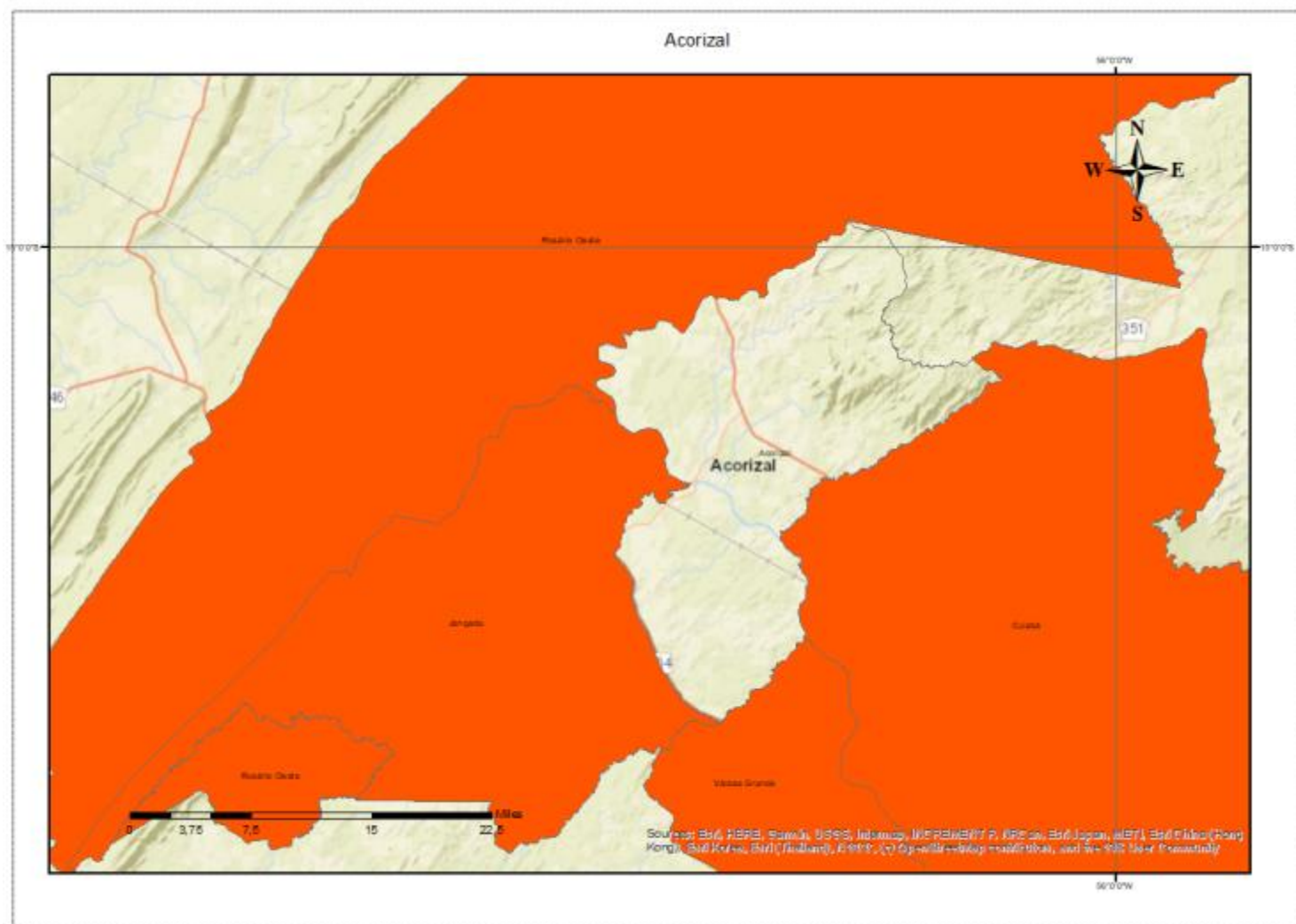
[https://pt.wikipedia.org/wiki/V%C3%A1rzea_Grande_\(Mato_Grosso\)](https://pt.wikipedia.org/wiki/V%C3%A1rzea_Grande_(Mato_Grosso))



Latitude: 15° 38' 49" S

Longitude: 56° 07' 58" O

Fonte: Google Earth Pro 2025



Acorizal/ BR364

o município foi fundado em 12 de dezembro de 1953 sendo seu povo primitivo Bororó. Através da Lei n.º 691, de 12 de dezembro de 1953:

"Artigo n.º 1 - Fica criado o município de Acorizal, constituindo dos territórios dos atuais distritos de Acorizal, Engenho e Jangada, que serão desmembrados de Cuiabá.

Link:

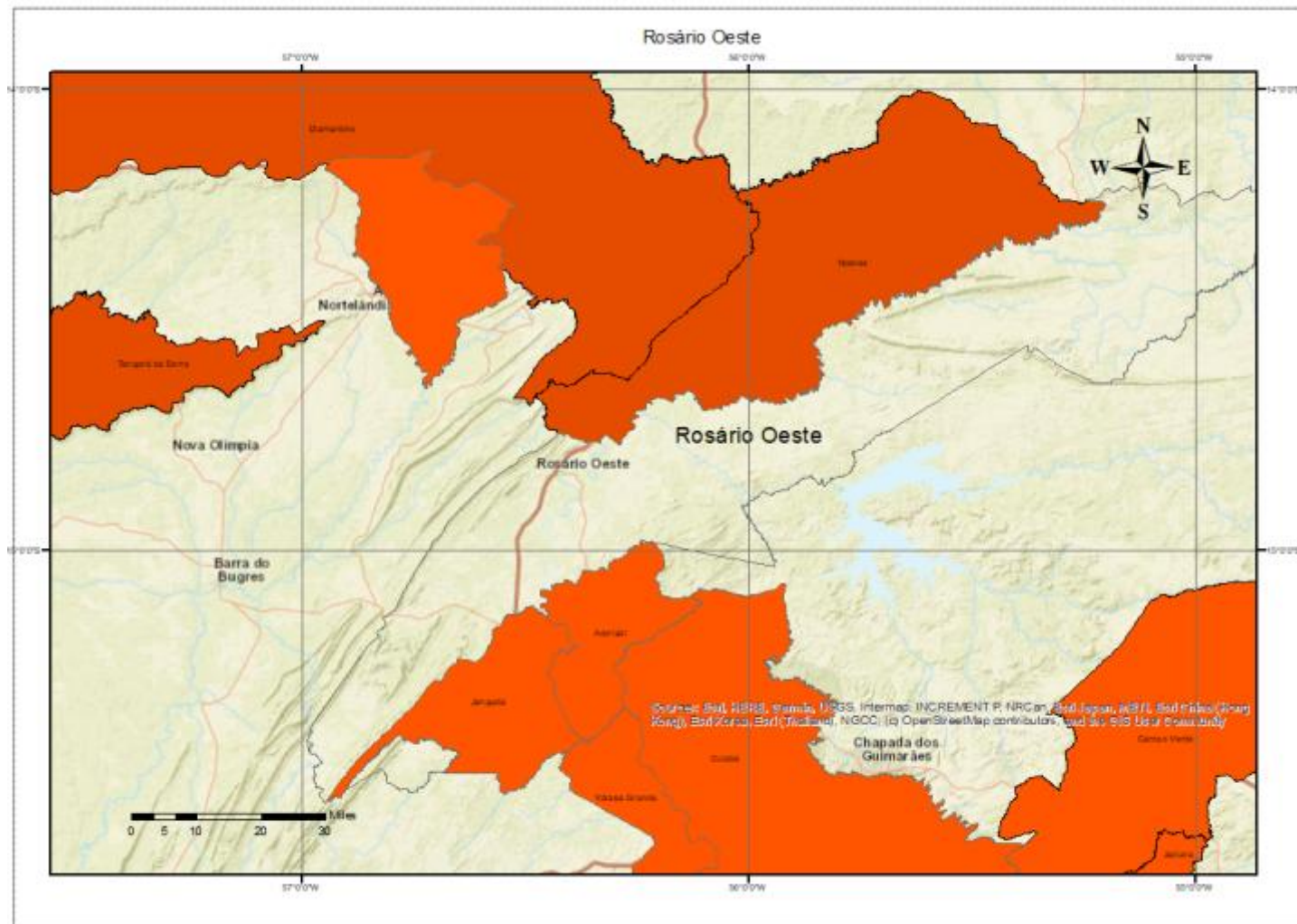
<https://pt.wikipedia.org/wiki/Acorizal>



Latitude: 15° 12' 18" S

Longitude: 56° 21' 57" O

Fonte: Google Earth Pro 2025



Rosário Oeste/ BR364

o município foi fundado em 25 de junho de 1843 seu nome tem origem devido as pessoas escravizadas pela família ergueram uma capelinha com coberta de palha dedicada a Nossa Senhora do Rosário, cuja imagem foi mandada trazer do Rio de Janeiro por Dona Maria Francisca.

Link:

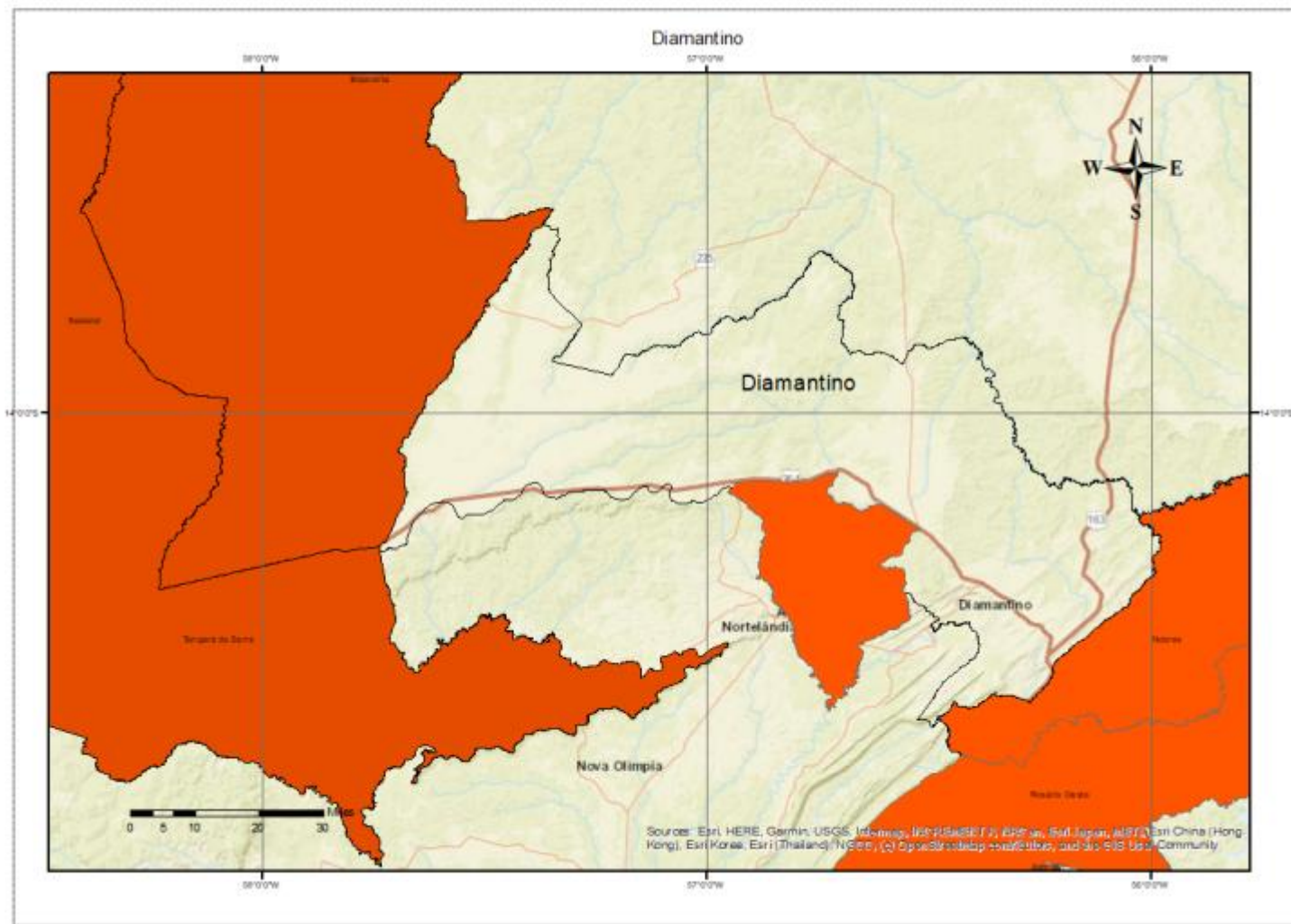
https://pt.wikipedia.org/wiki/Ros%C3%A1rio_Oeste



Latitude: 14° 50' 09" S

Longitude: 56° 25' 40" O

Fonte: Google Earth Pro 2025



Diamantino/ BR364

o município foi fundado em 18 de setembro de 1728 sendo a economia local é diversificada, com destaque para a agricultura (especialmente o cultivo de soja e milho), a pecuária, o comércio e os serviços.

Link:

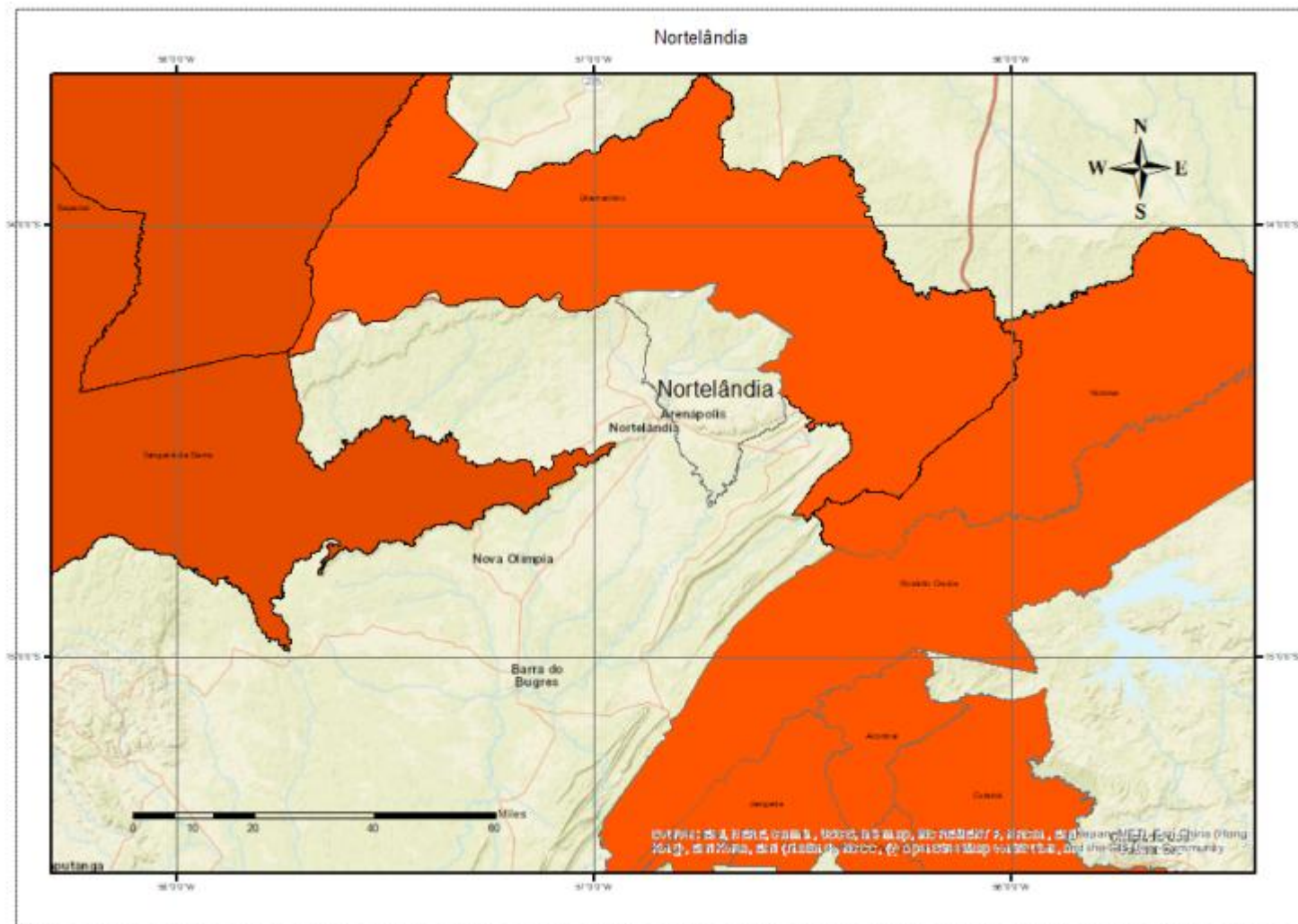
<https://pt.wikipedia.org/wiki/Diamantino>



Latitude: 14° 24' 32" S

Longitude: 56° 26' 45" O

Fonte: Google Earth Pro 2025



Nortelândia/ BR364

o município foi fundado em 16 de dezembro de 1953 e a origem de Nortelândia vem do garimpo e as atividades garimpeiras da região se perdem nos primeiros dias de Diamantino.

Link:

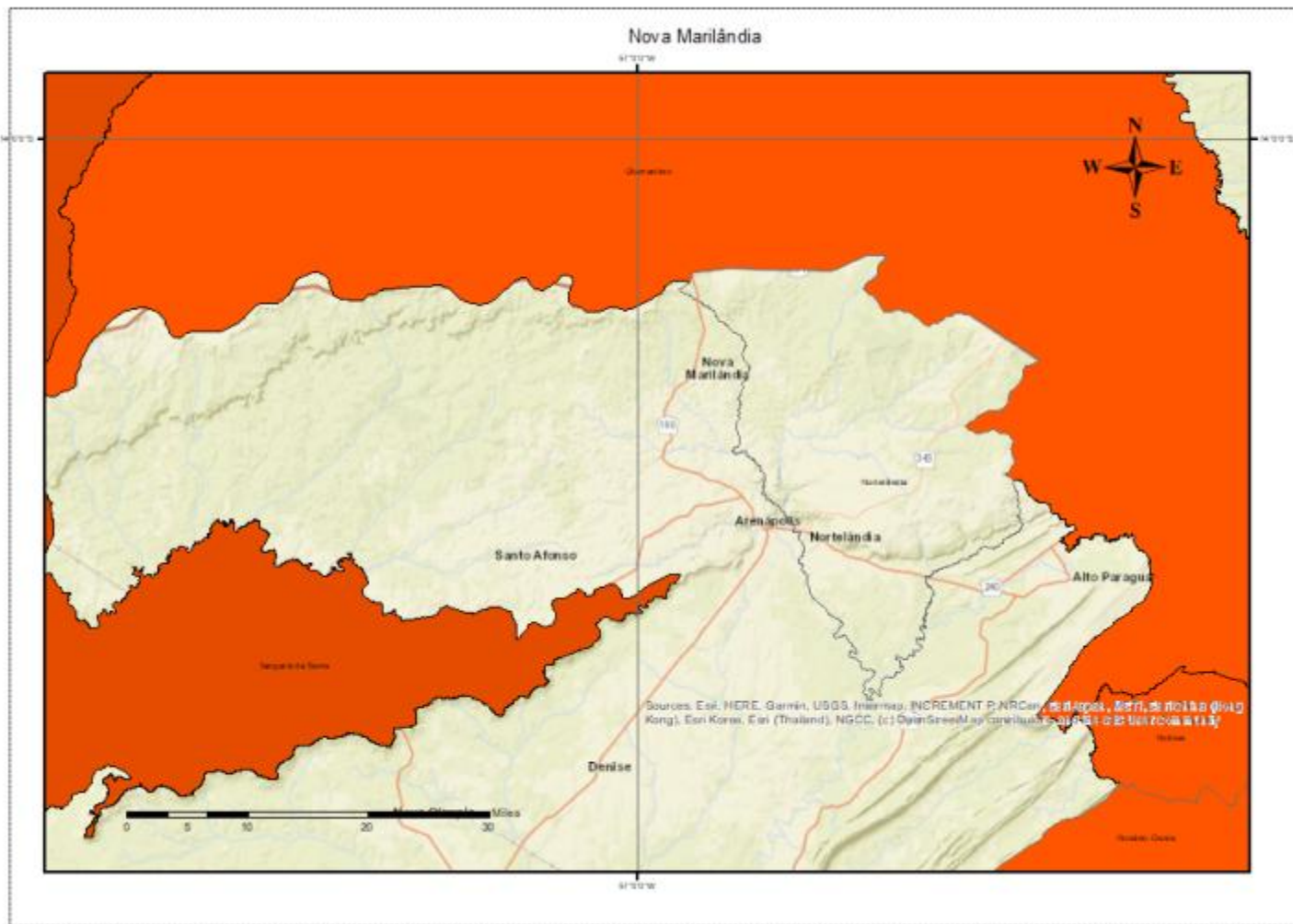
<https://pt.wikipedia.org/wiki/Nortel%C3%A2ndia>



Latitude: 14° 27' 18" S

Longitude: 56° 48' 10" O

Fonte: Google Earth Pro 2025



Nova Marilândia/ BR364

o município foi fundado em 19 de dezembro de 1991.

Link:

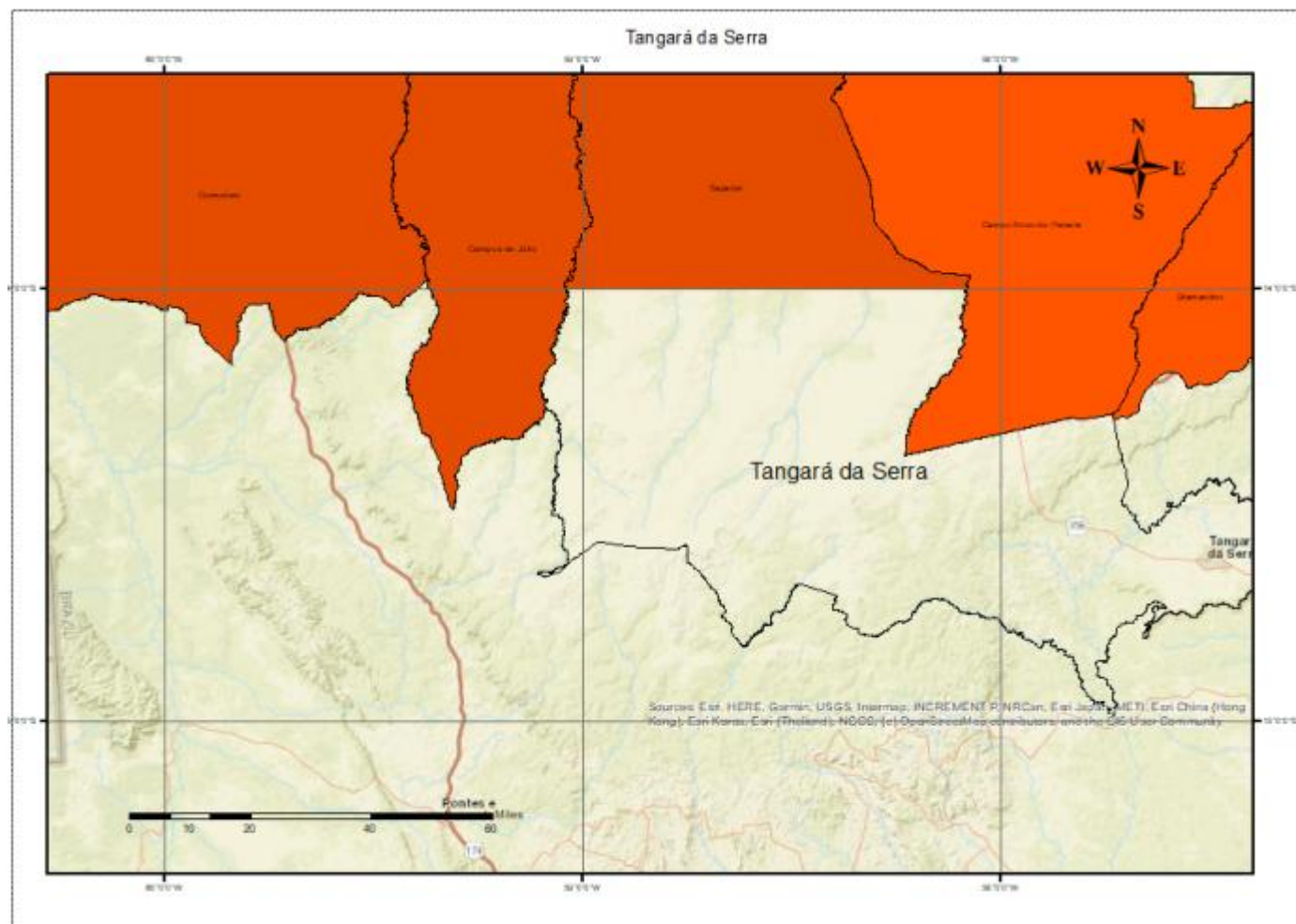
https://pt.wikipedia.org/wiki/Nova_Marilândia



Latitude: 14° 21' 50" S

Longitude: 57° 53' 31" O

Fonte: Google Earth Pro 2025



Tangará da Serra/ BR364

o município foi fundado em 6 de janeiro de 1969 criado em 13 de maio de 1976, sua economia baseia-se na prestação de serviços, agroindústria e agricultura, com destaque para a produção de soja e cana-de-açúcar.

Link:

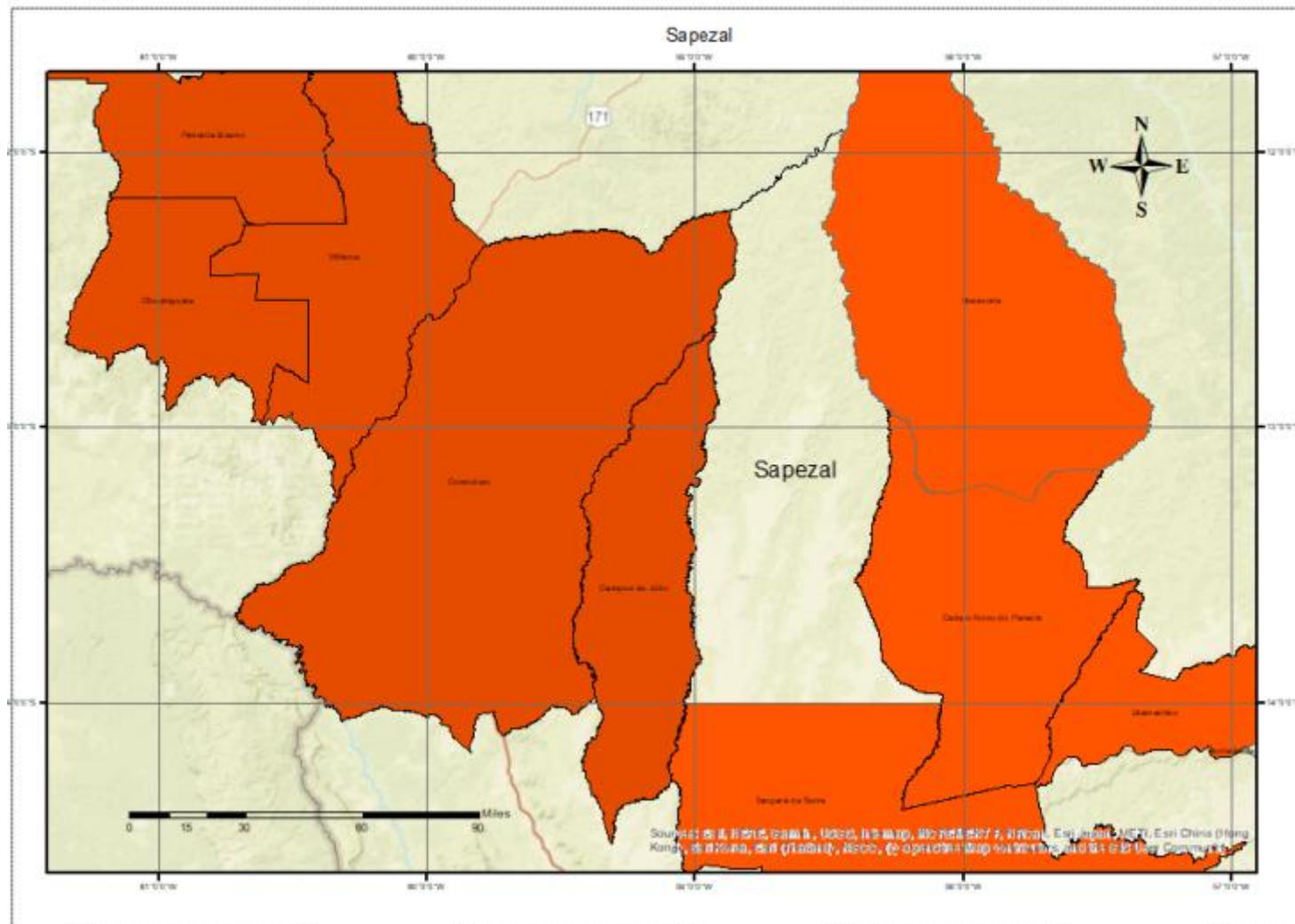
https://pt.wikipedia.org/wiki/Tangará_da_Serra



Latitude: 14° 37' 02" S

Longitude: 57° 29' 09" O

Fonte: Google Earth Pro 2025



Sapezal/ BR364

o município foi fundado em 19 de setembro de 1994 sendo que o rio Sapezal, que empresta seu nome à cidade, deságua no rio Papagaio, que vai se juntar ao Juruena. O nome do rio, por sua vez, vem do sapé, uma planta da família das gramíneas que é muito utilizada na cobertura de ranchos. Link:

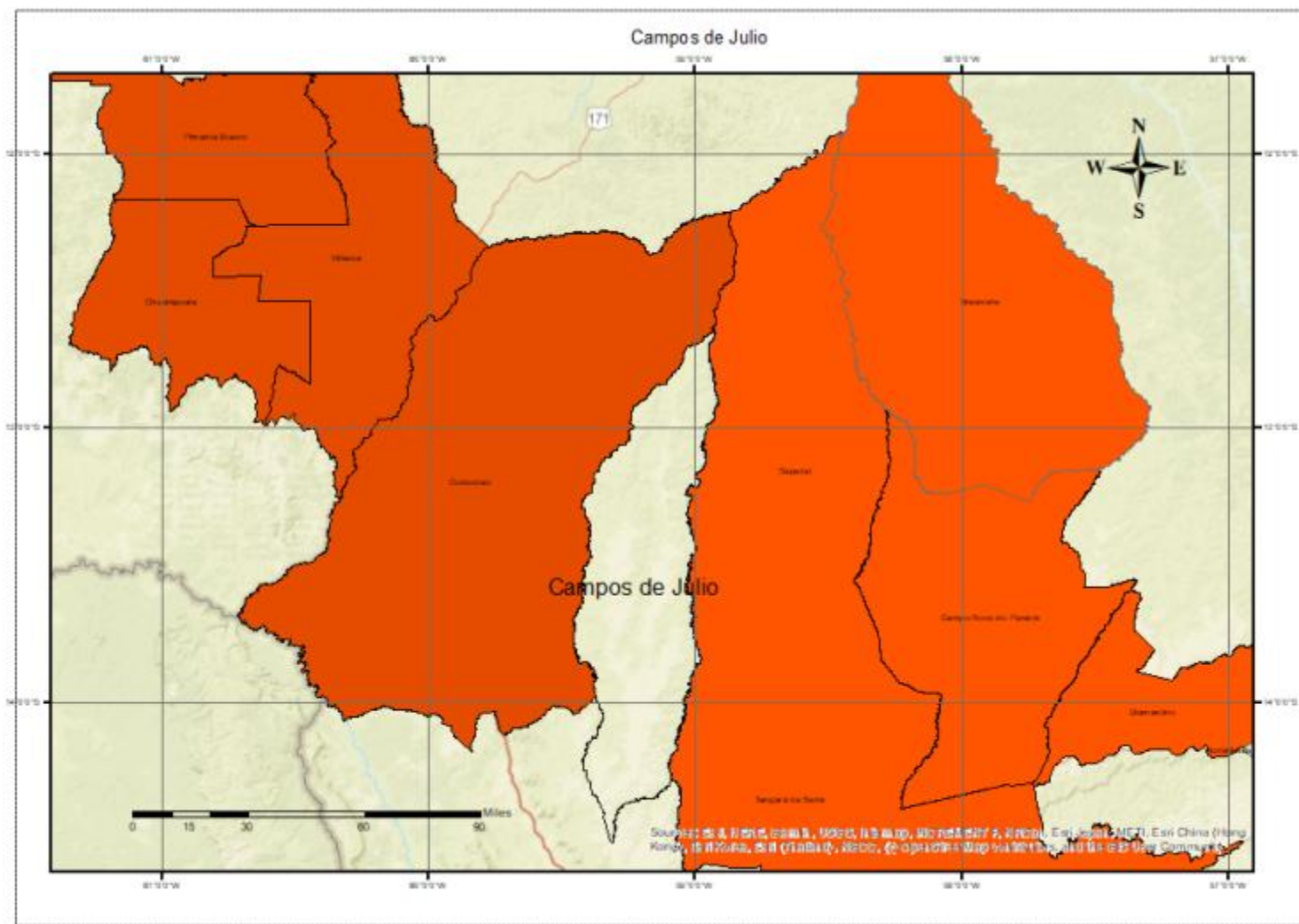
<https://pt.wikipedia.org/wiki/Sapezal>



Latitude: 13° 32' 33" S

Longitude: 58° 48' 51" O

Fonte: Google Earth Pro 2025

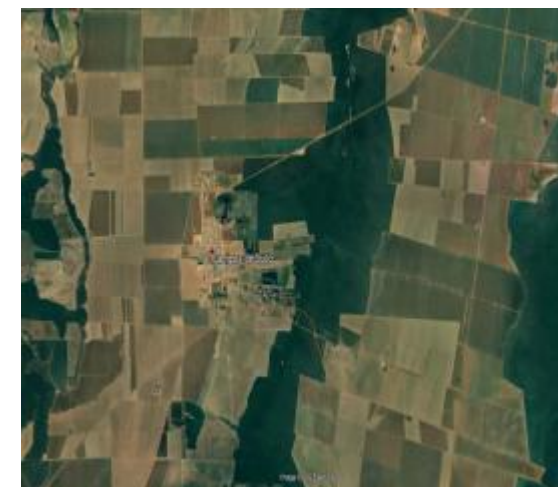


Campos de Julio/ BR364

o município foi fundado em 28 de novembro de 1994 sendo que o nome do município homenageia Júlio José de Campos, grande latifundiário da região; e os campos do território do município, que possuem topografia plana, com terras férteis e próprias para o cultivo da soja.

Link:

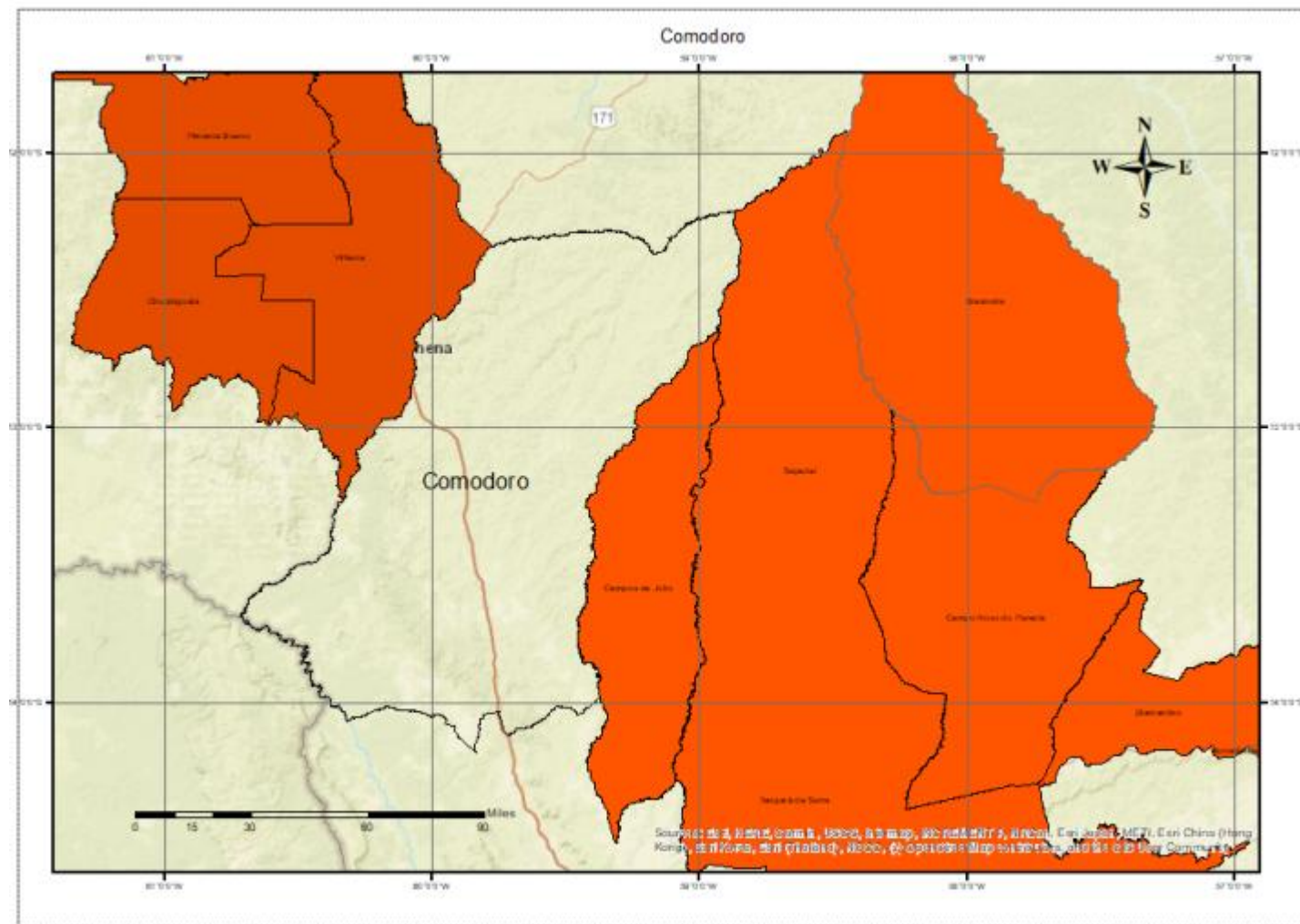
https://pt.wikipedia.org/wiki/Campos_de_J%C3%BAlio



Latitude: 13° 53' 56" S

Longitude: 59° 08' 52" O

Fonte: Google Earth Pro 2025



Comodoro/ BR364

o município foi fundado em 13 de maio de 1986 sendo que era habitada primitivamente pelo povo indígena Nambikwara e Enawênê-nawê, que permanece na região em reservas especialmente delimitadas por Lei Federal.

Link:

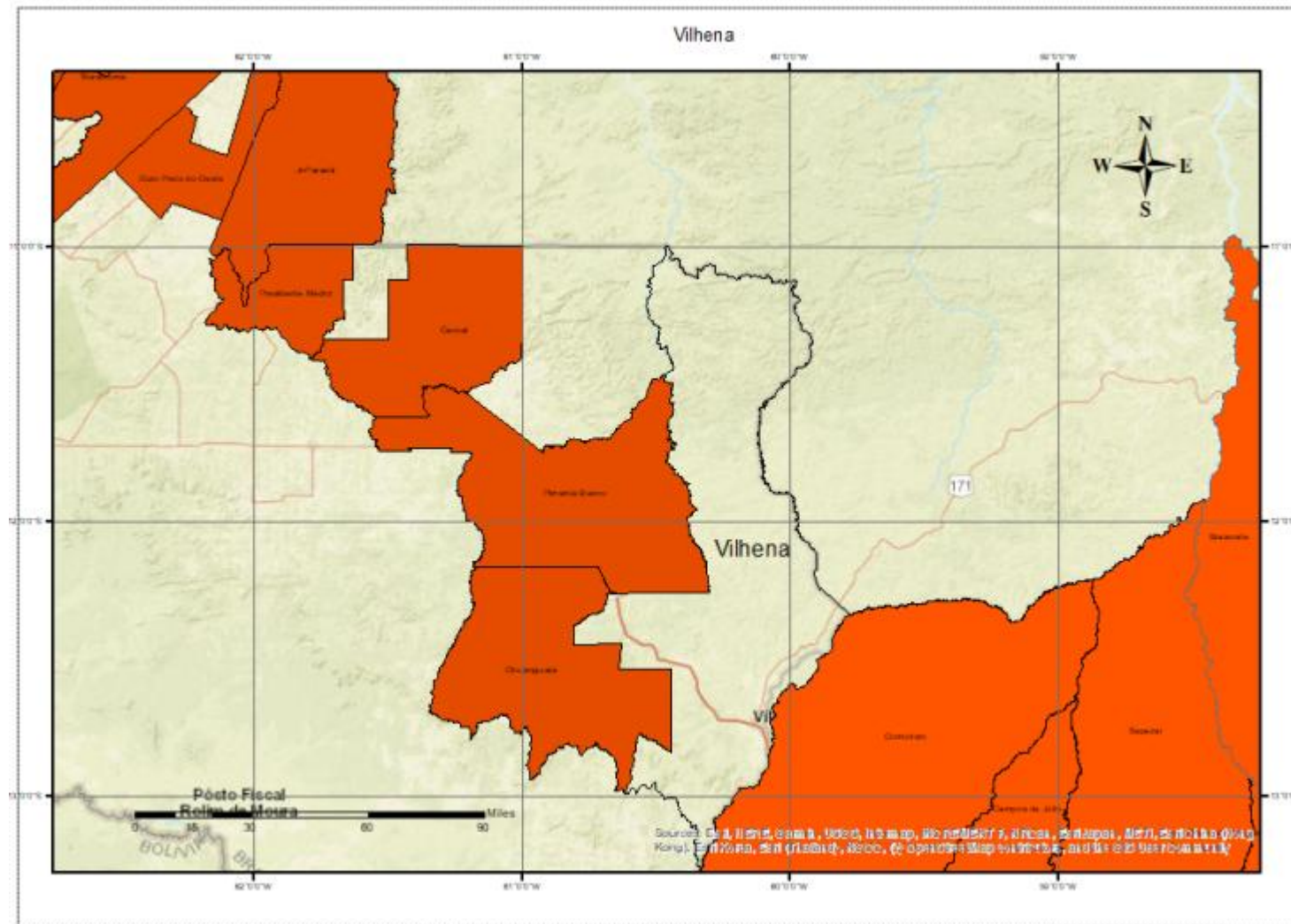
[https://pt.wikipedia.org/wiki/Comodoro_\(Mato_Grosso\)](https://pt.wikipedia.org/wiki/Comodoro_(Mato_Grosso))



Latitude: 13° 39' 46" S

Longitude: 59° 47' 09" O

Fonte: Google Earth Pro 2025



Vilhena/ BR364

o município foi fundado em 1 de abril de 1969. O nome "Vilhena" foi denominado por Cândido Rondon em homenagem ao engenheiro maranhense chefe da Organização Telegráfica Pública Álvaro Coutinho de Melo Vilhena. Este, em 1908, foi nomeado pelo Presidente da República Diretor Geral dos Telégrafos.

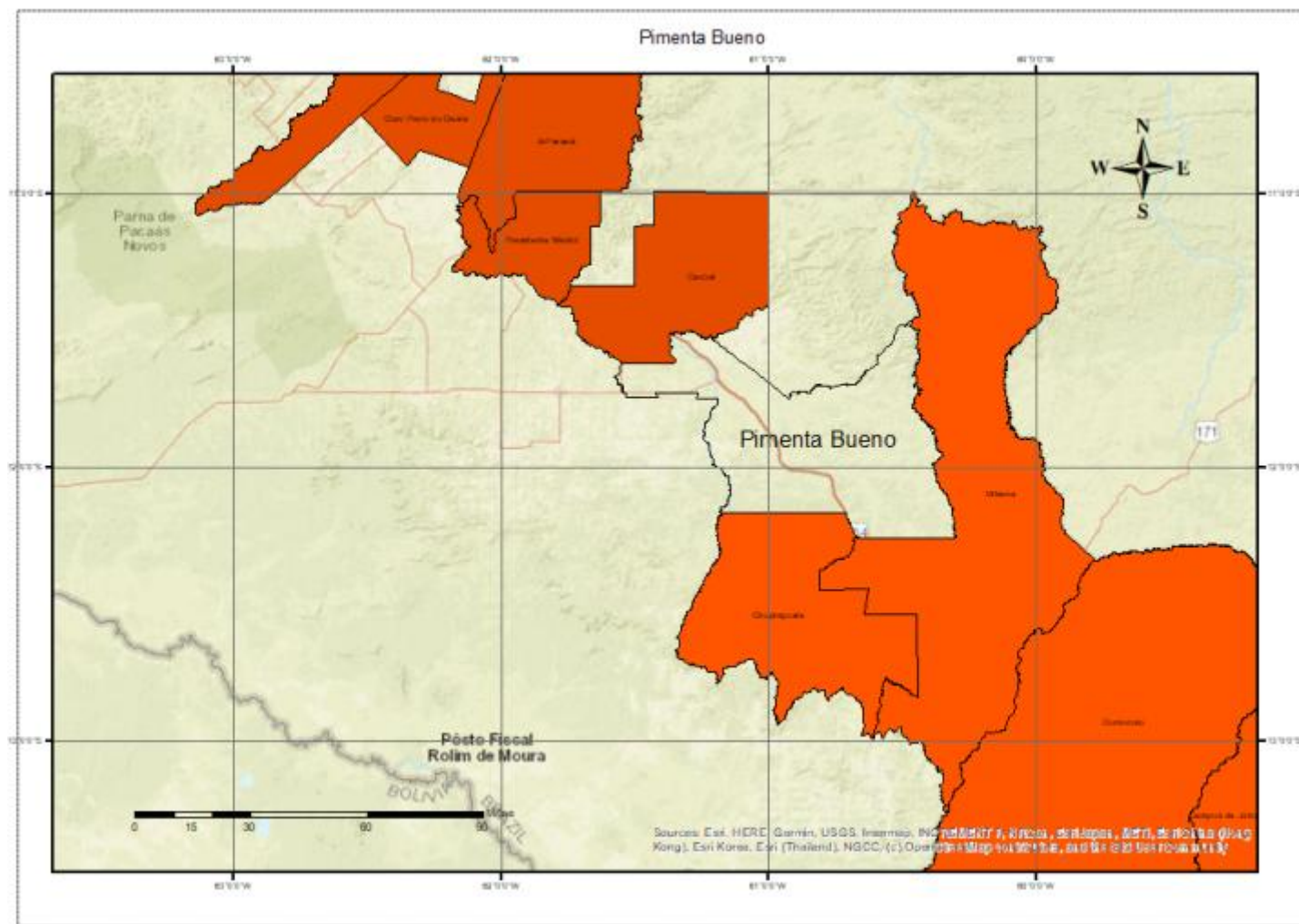
Link: <https://pt.wikipedia.org/wiki/Vilhena>



Latitude: 12° 44' 26" S

Longitude: 60° 08' 45" O

Fonte: Google Earth Pro 2025



Pimenta Bueno/ BR364

o município foi fundado em 24 de novembro de 1977 sendo que os garimpeiros e seringueiros que passaram a residir em Pimenta Bueno eram em sua maioria nordestinos atraídos pelas riquezas naturais da região. Link:

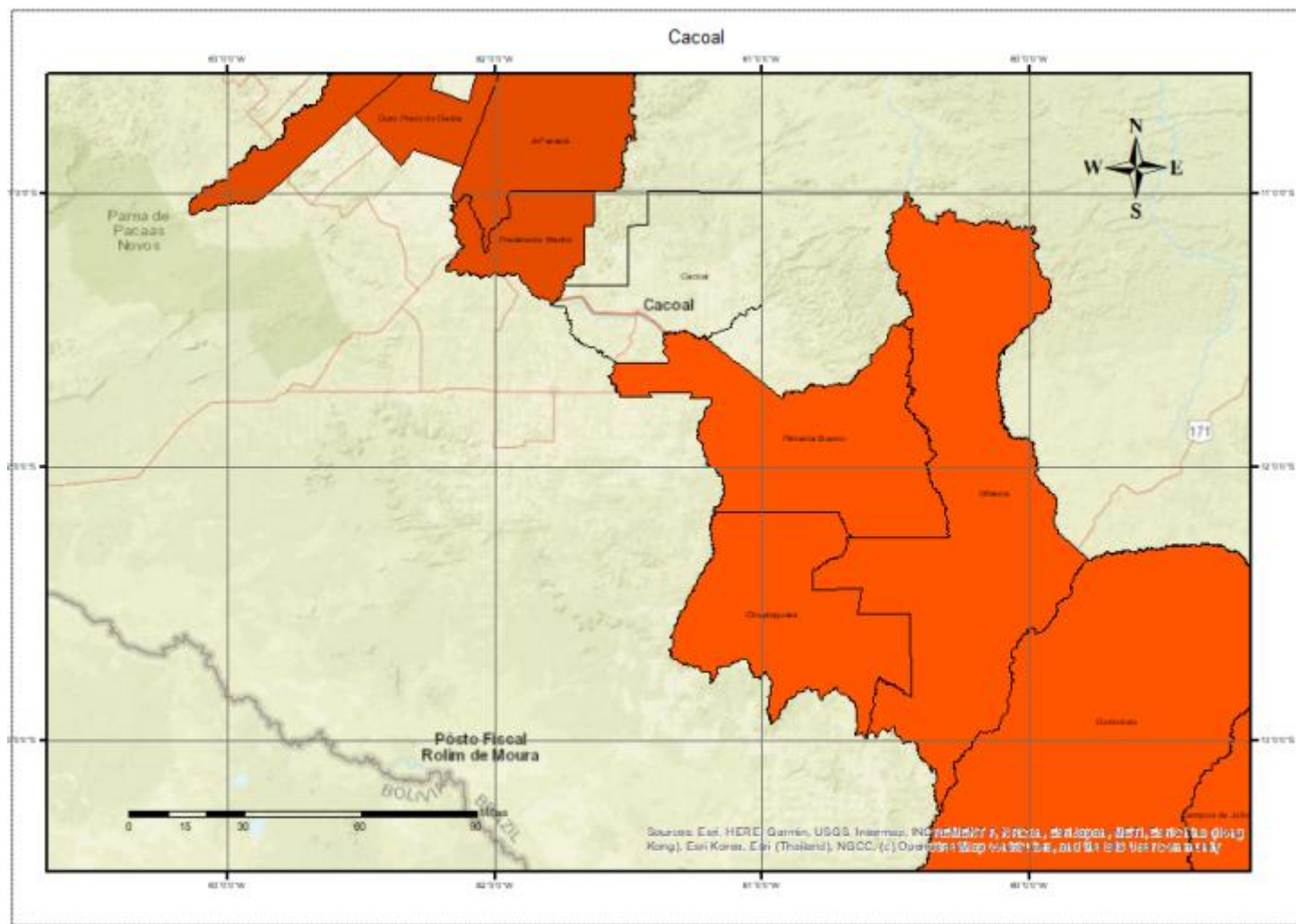
https://pt.wikipedia.org/wiki/Pimenta_Bueno



Latitude: 11° 40' 21" S

Longitude: 61° 11' 37" O

Fonte: Google Earth Pro 2025



Cacoal/ BR364

o município foi fundado em 26 de novembro de 1977 sendo que sua história começou com a chegada da linha telegráfica na região, aberta pelo marechal Cândido Mariano da Silva Rondon, no ano de 1909. Link:

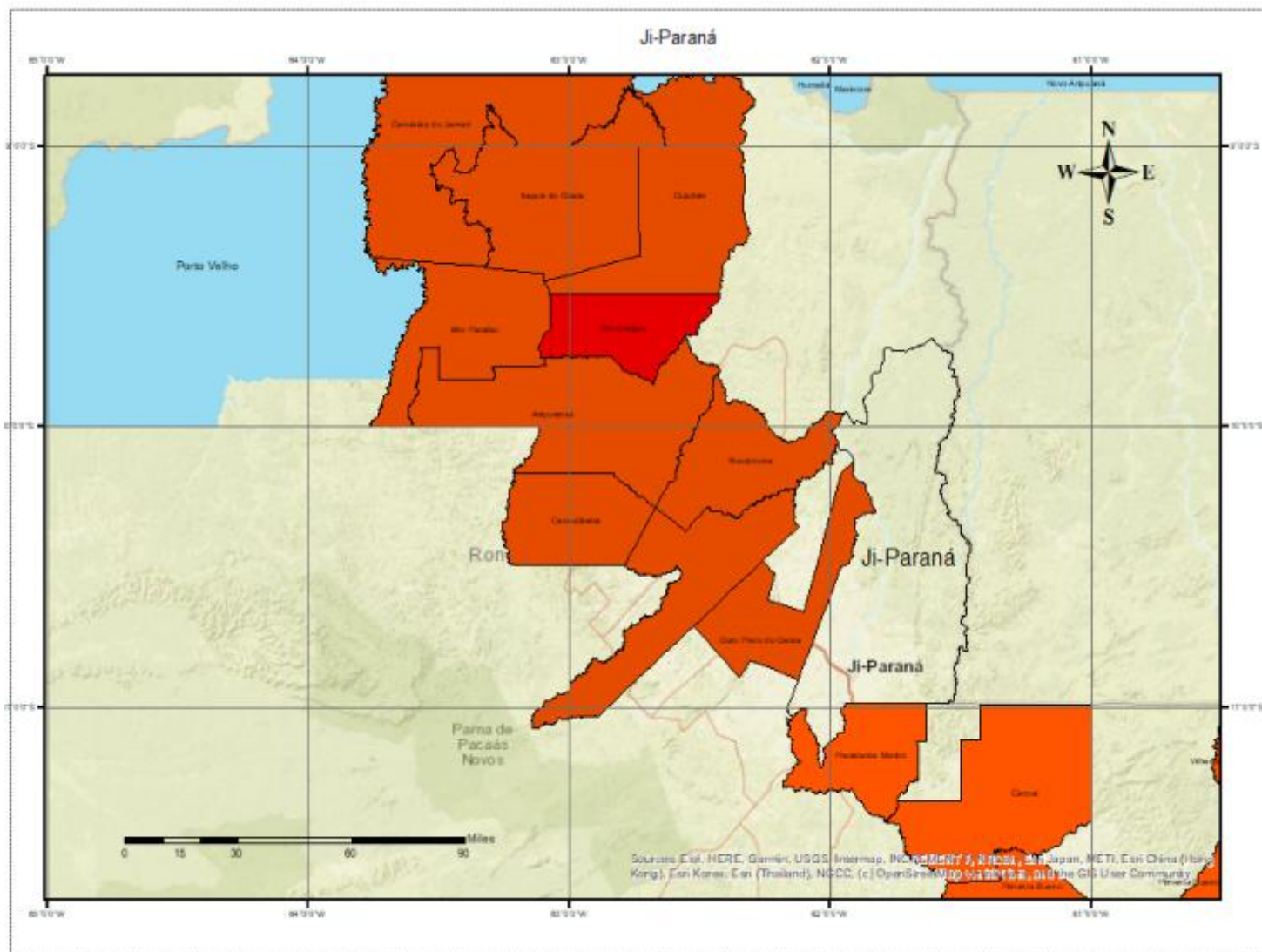
<https://pt.wikipedia.org/wiki/Cacoal>



Latitude: 11° 26' 19" S

Longitude: 61° 26' 50" O

Fonte: Google Earth Pro 2025



Ji-Paraná/ BR364

O município foi fundado em 17 de abril de 1945 sendo seu nome originário de Jy significa machado e paraná significa rio, assim conhecido como rio dos machados.

Link:

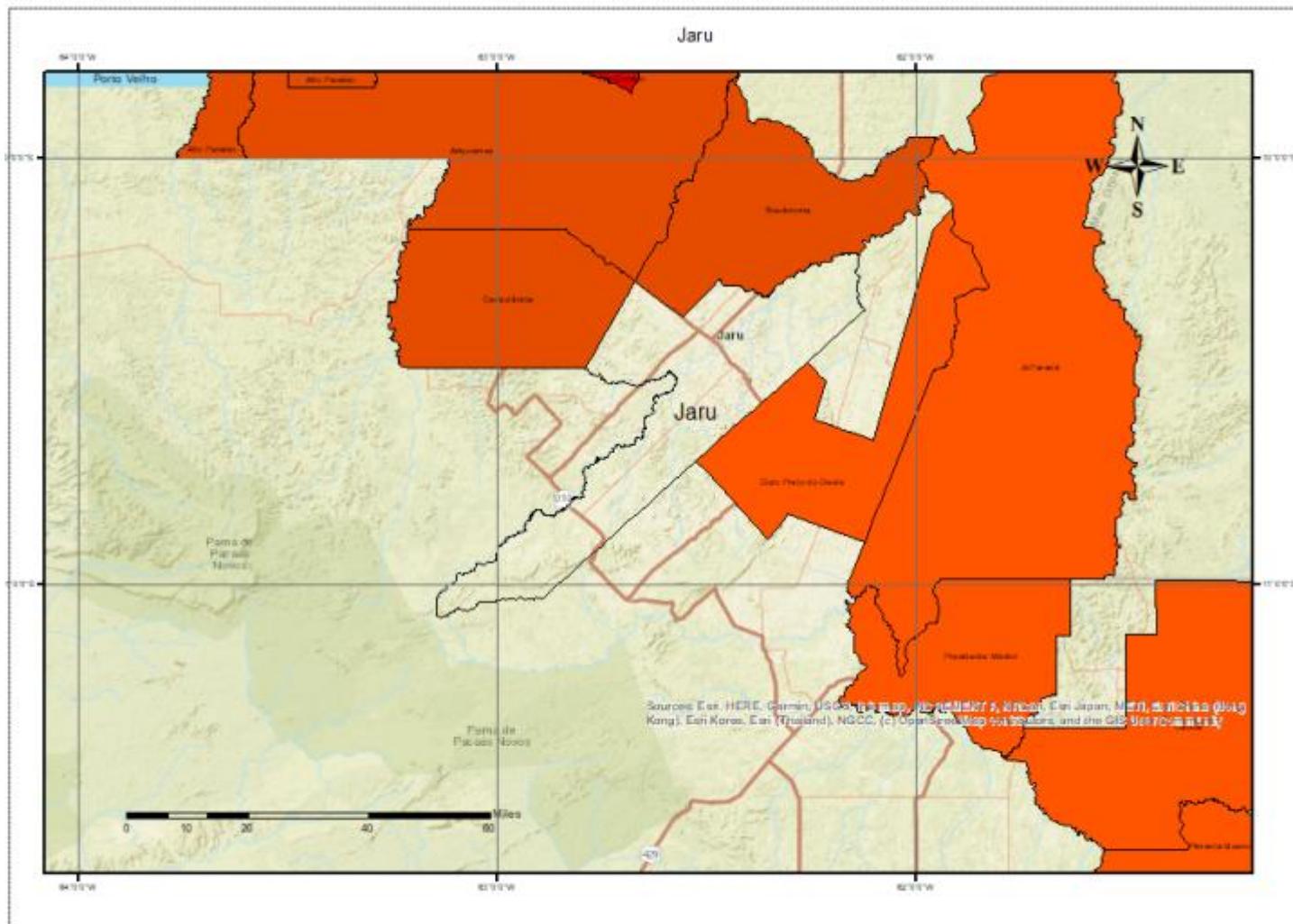
<https://pt.wikipedia.org/wiki/Ji-Paraná>



Latitude: 10° 53' 07" S

Longitude: 61° 57' 06" O

Fonte: Google Earth Pro 2025



Jarú/ BR364

O município foi fundado em 11 de outubro de 1977 sendo que o município surgiu em torno de um dos postos telegráficos instalado em 1912 pela Comissão da Linha Telegráfica Estratégica Mato Grosso/Amazonas, chefiada pelo então Cel. Cândido Mariano da Silva Rondon.

Link:

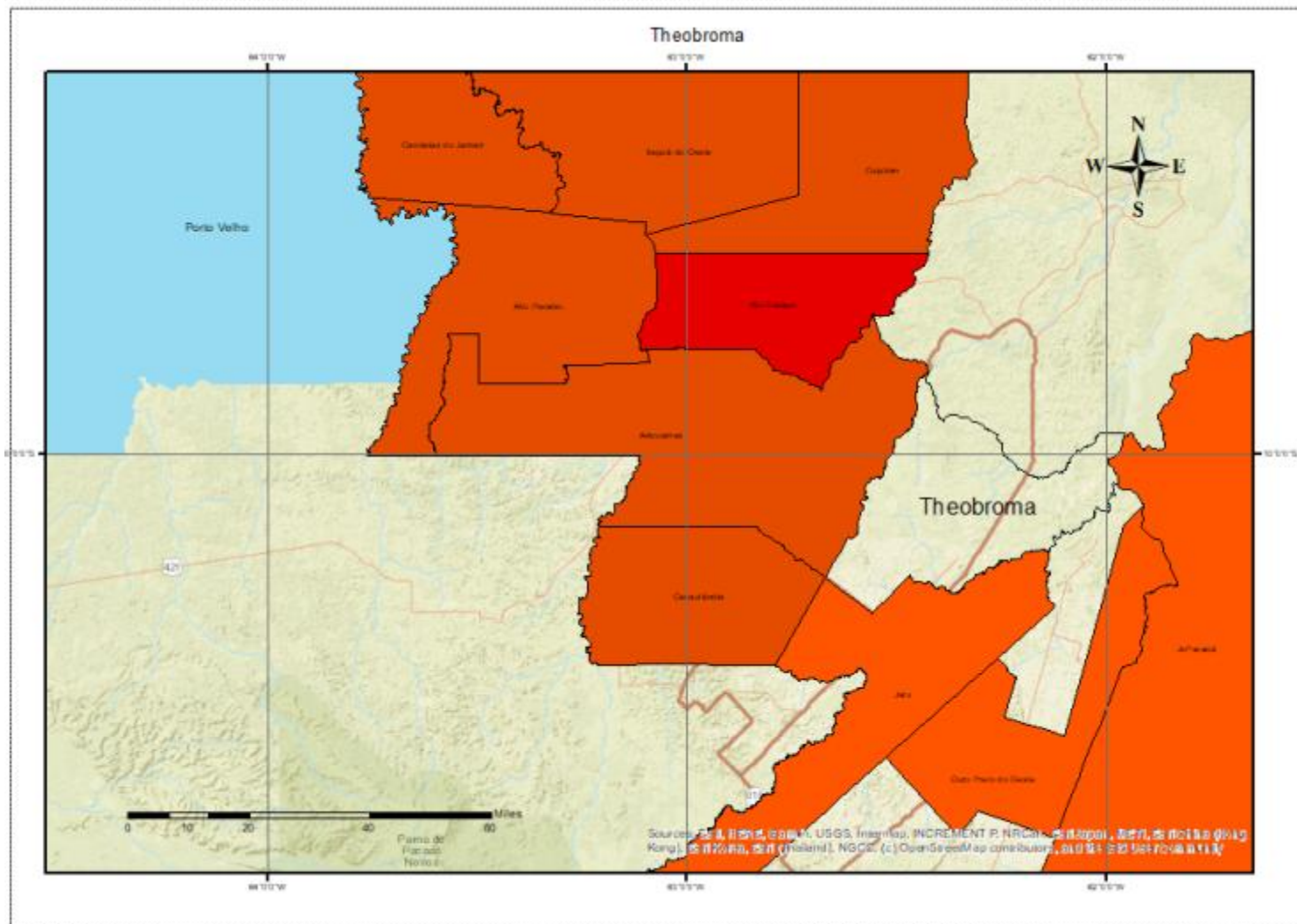
<https://pt.wikipedia.org/wiki/Jarú>



Latitude: 10° 26' 20" S

Longitude: 62° 27' 59" O

Fonte: Google Earth Pro 2025



Theobroma/ BR364

O município foi fundado em 13 de fevereiro de 1992 sendo que Surgiu do Nuar Theobroma, integrante do Projeto de Colonização Padre Adolpho Rohl. Seu desenvolvimento econômico, o polo cacaeiro, proporcionou as condições para ser transformado em município pela Lei n.º 371, de 13 fevereiro de 1992.

Link:

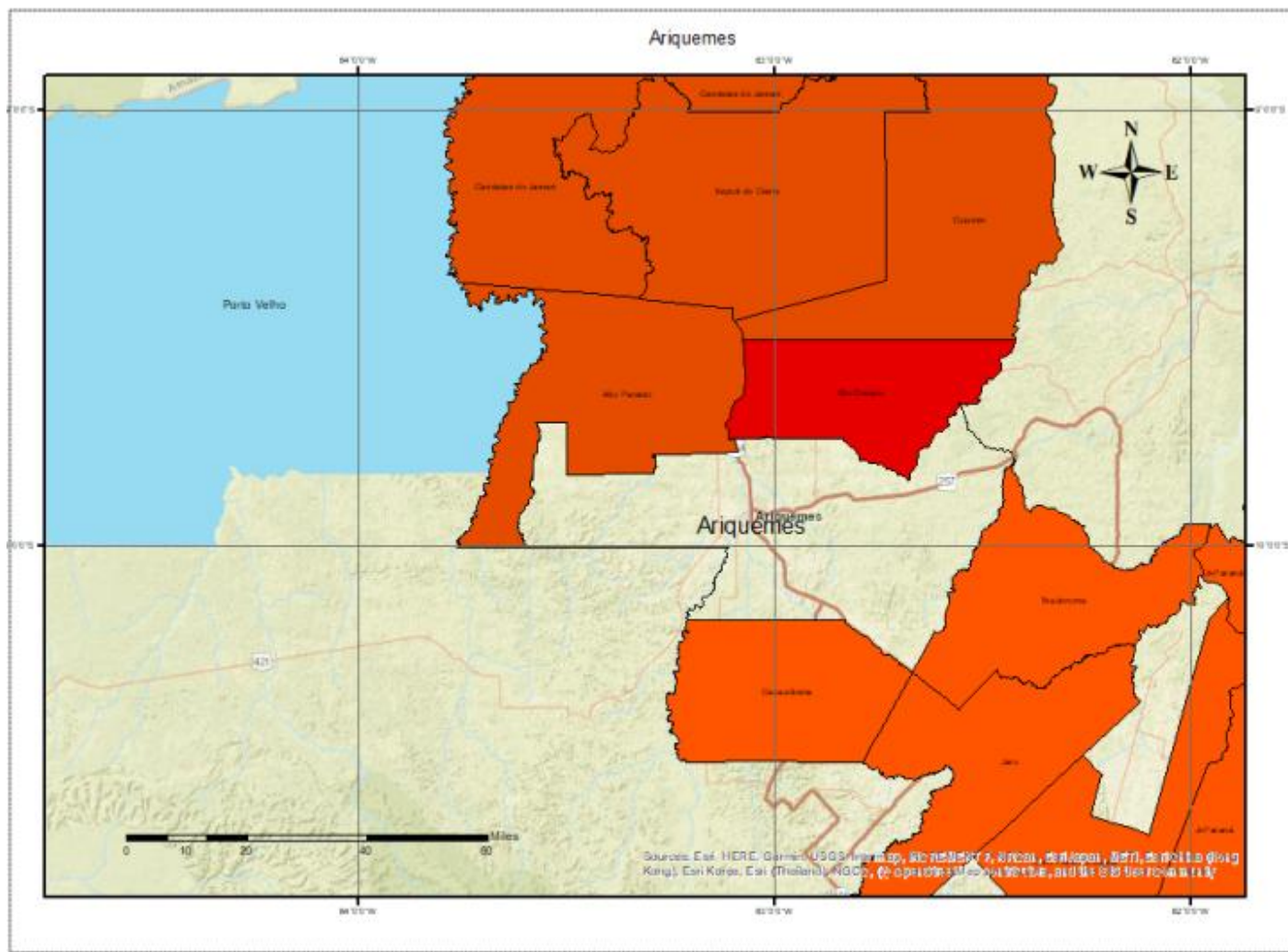
<https://pt.wikipedia.org/wiki/Theobroma>



Latitude: 10° 14' 20" S

Longitude: 62° 21' 30" O

Fonte: Google Earth Pro 2025

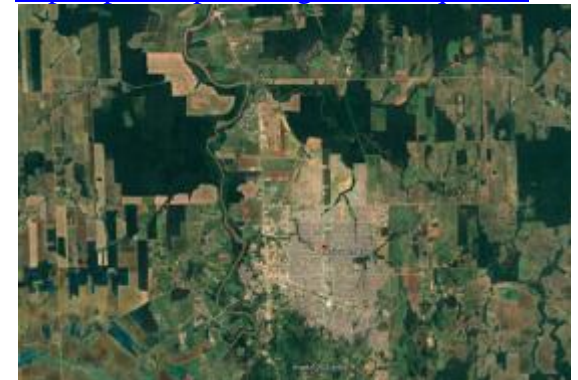


Ariquemes/BR364

O município foi fundado em 1915. Por volta de 1794, o Vale do Jamari, onde surgiu o núcleo que deu origem ao município de Ariquemes, era conhecido pela abundância de suas especiarias nativas, destacando o cacau e o látex da seringueira.

Link:

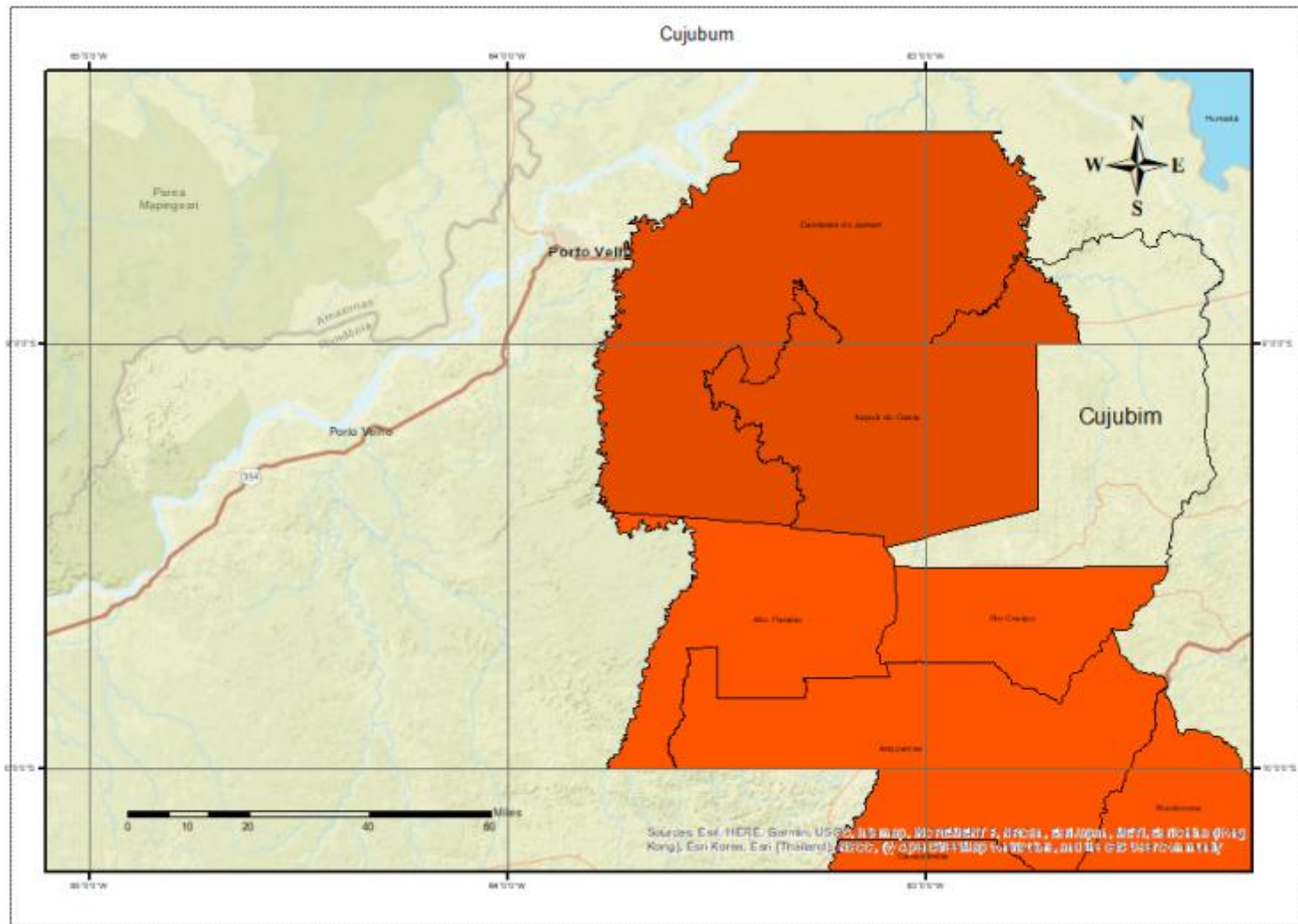
<https://pt.wikipedia.org/wiki/Ariquemes>



Latitude: 9° 54' 48" S

Longitude: 63° 02' 27" O

Fonte: Google Earth Pro 2025



Cujubim/ BR364

O município foi fundado em 22 de junho de 1994, o povoado que deu origem à sede do Município surgiu como núcleo urbano de apoio rural ao *Projeto de Colonização Cujubim* e recebeu o mesmo nome do projeto de colonização.

Link:

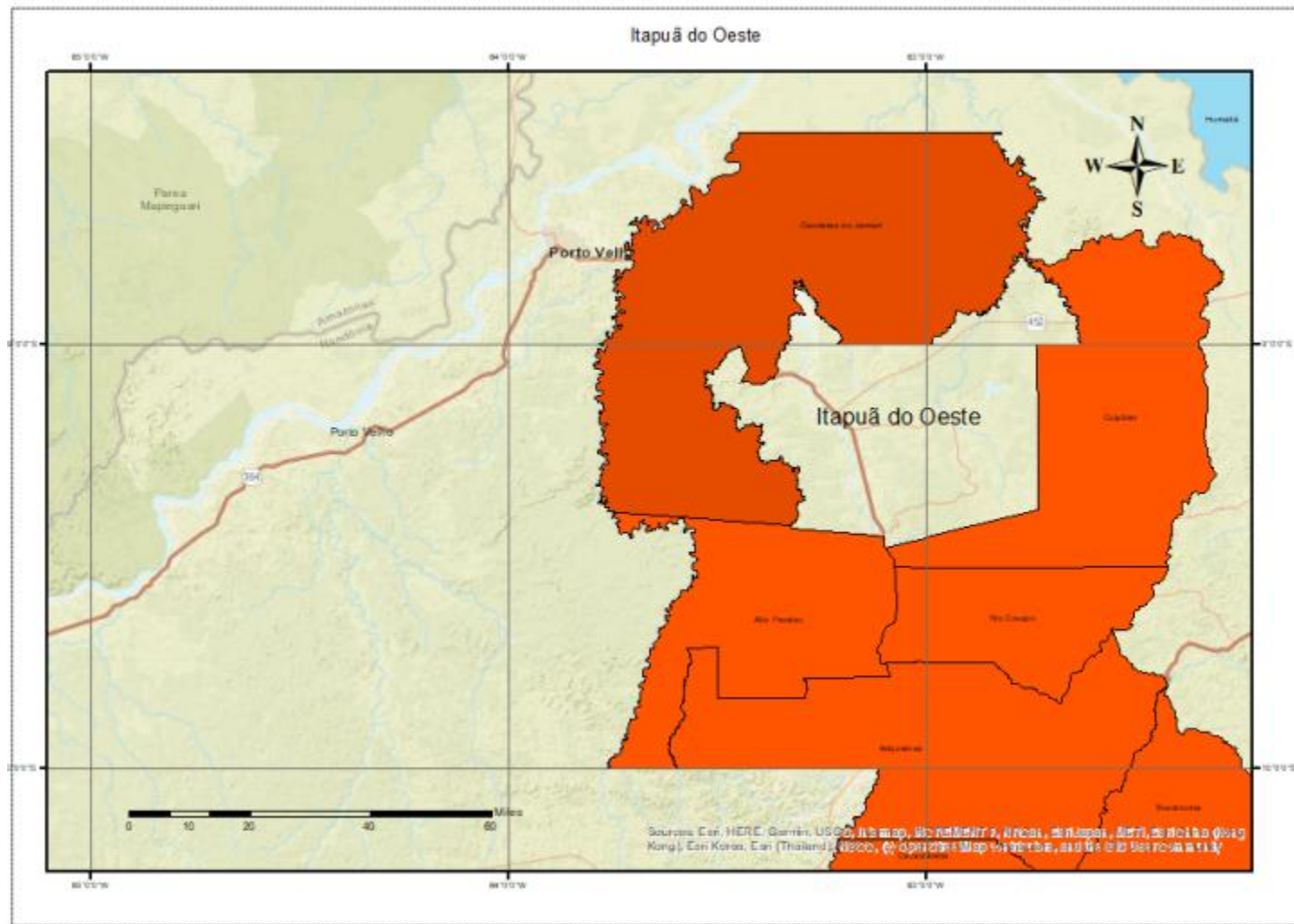
<https://pt.wikipedia.org/wiki/Cujubim>



Latitude: 9° 21' 46" S

Longitude: 62° 35' 07" O

Fonte: Google Earth Pro 2025



Itapuçã do Oeste/ BR364

O município foi fundado em 22 de dezembro de 1981, foi criado com o nome de Jamari através da lei nº 364, com áreas desmembradas dos municípios de Ariquemes e Porto Velho.

Link:

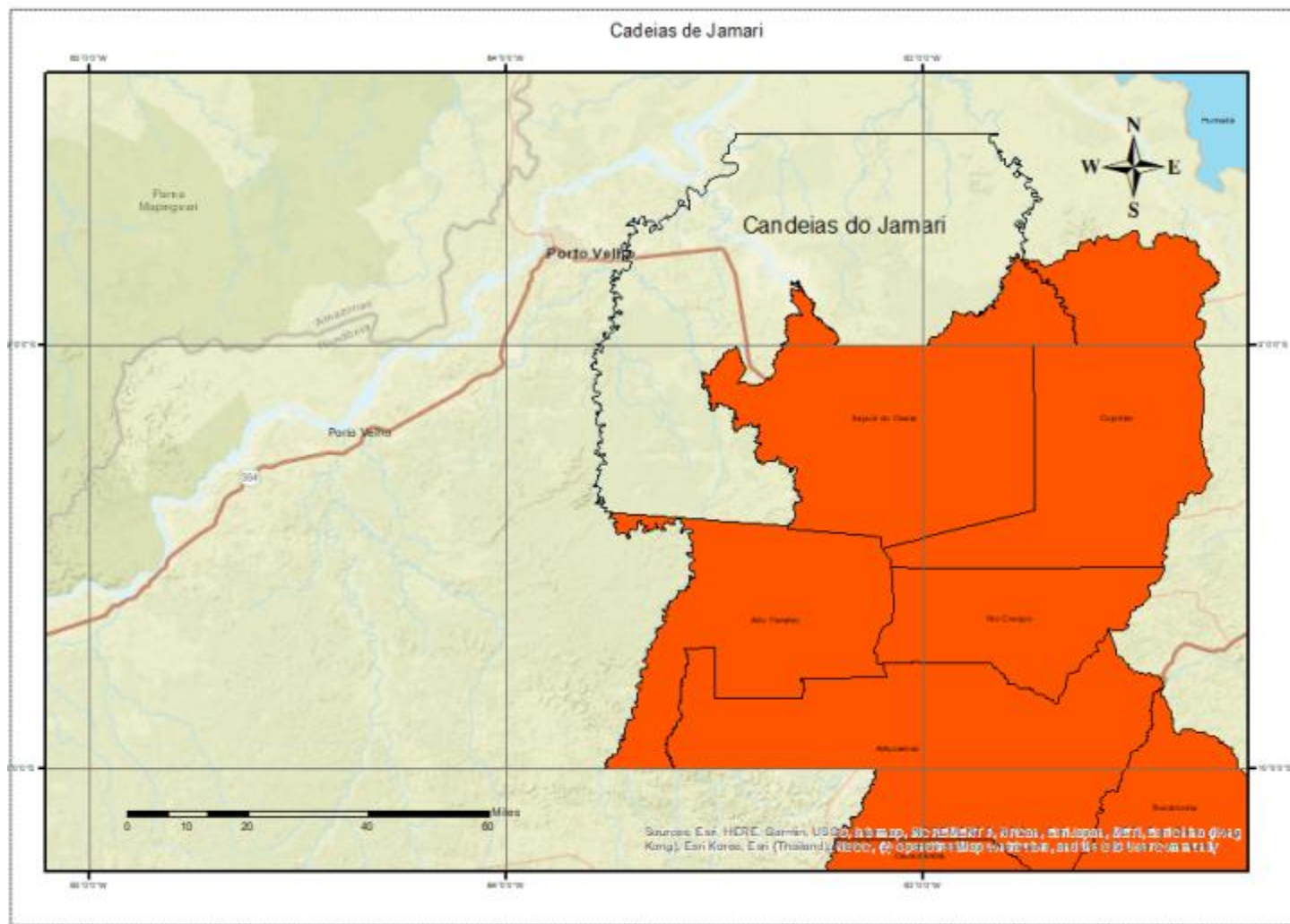
https://pt.wikipedia.org/wiki/Itapu%C3%A3_do_Oeste



Latitude: 9° 12' 08" S

Longitude: 53° 10' 48" O

Fonte: Google Earth Pro 2025



Candeias do Jamari/ BR364

O município foi fundado em 22 de dezembro de 1981, foi criado com o nome de Jamari através da lei nº 364, com áreas desmembradas dos municípios de Ariquemes e Porto Velho.

Link:

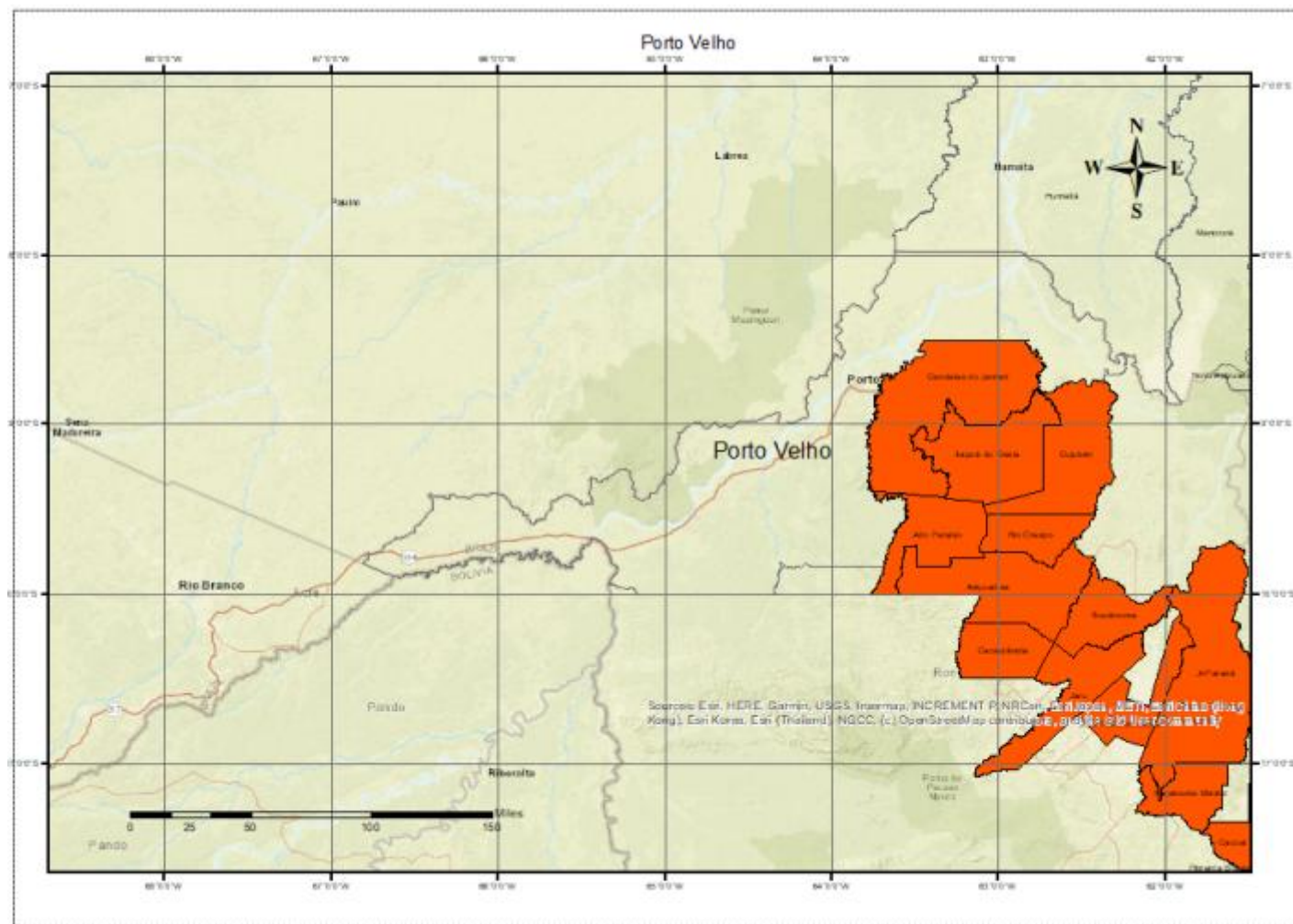
https://pt.wikipedia.org/wiki/Candeias_do_Jamari



Latitude: 8° 48' 35" S

Longitude: 63° 41' 44" O

Fonte: Google Earth Pro 2025



Porto Velho/Rio Madeira

O município foi fundado em 1907, Porto Velho foi criada por desbravadores durante a construção da Estrada de Ferro Madeira-Mamoré. Fica nas barrancas da margem direita do rio Madeira, o maior afluente da margem direita do rio Amazonas.

Link:

https://pt.wikipedia.org/wiki/Porto_Velho



Latitude: 8° 45' 43" S

Longitude: 63° 54' 14" O

Fonte: Google Earth Pro 2025

Humaitá/Rio Madeira

O município foi fundado em 15 de maio de 1867, os primeiros habitantes da região foram os indígenas, que praticavam a economia de subsistência, como a caça, a pesca, o extrativismo e a agricultura familiar. Os rios Maici e Marmelo - também chamados de rios Torá e Tenharim - abrigavam a maior parte das etnias indígenas que povoavam o lugar, sendo grandemente numerosos.

Link:

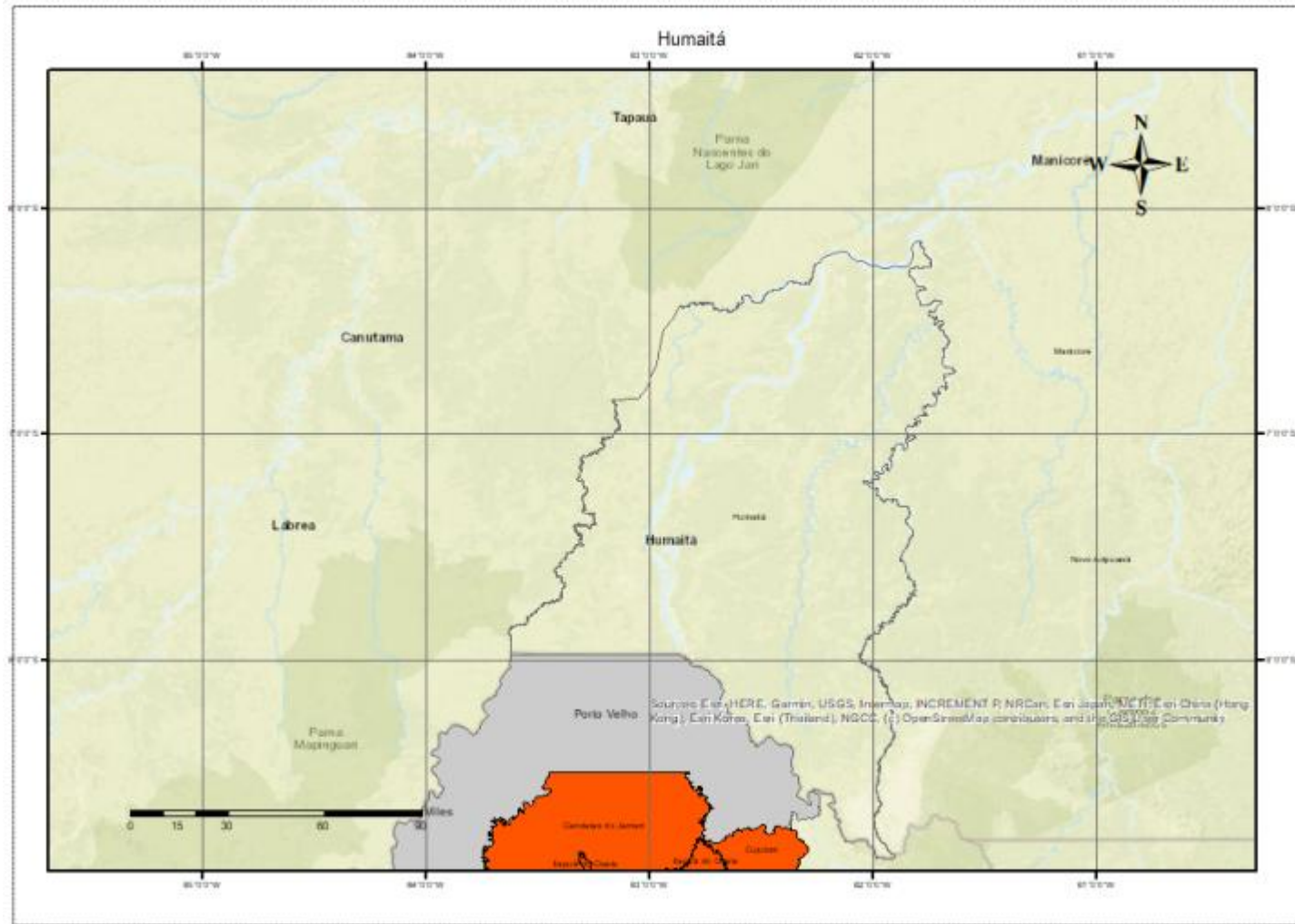
[https://pt.wikipedia.org/wiki/Humait%C3%A1_\(Amazonas\)](https://pt.wikipedia.org/wiki/Humait%C3%A1_(Amazonas))
https://pt.wikipedia.org/wiki/Porto_Velho

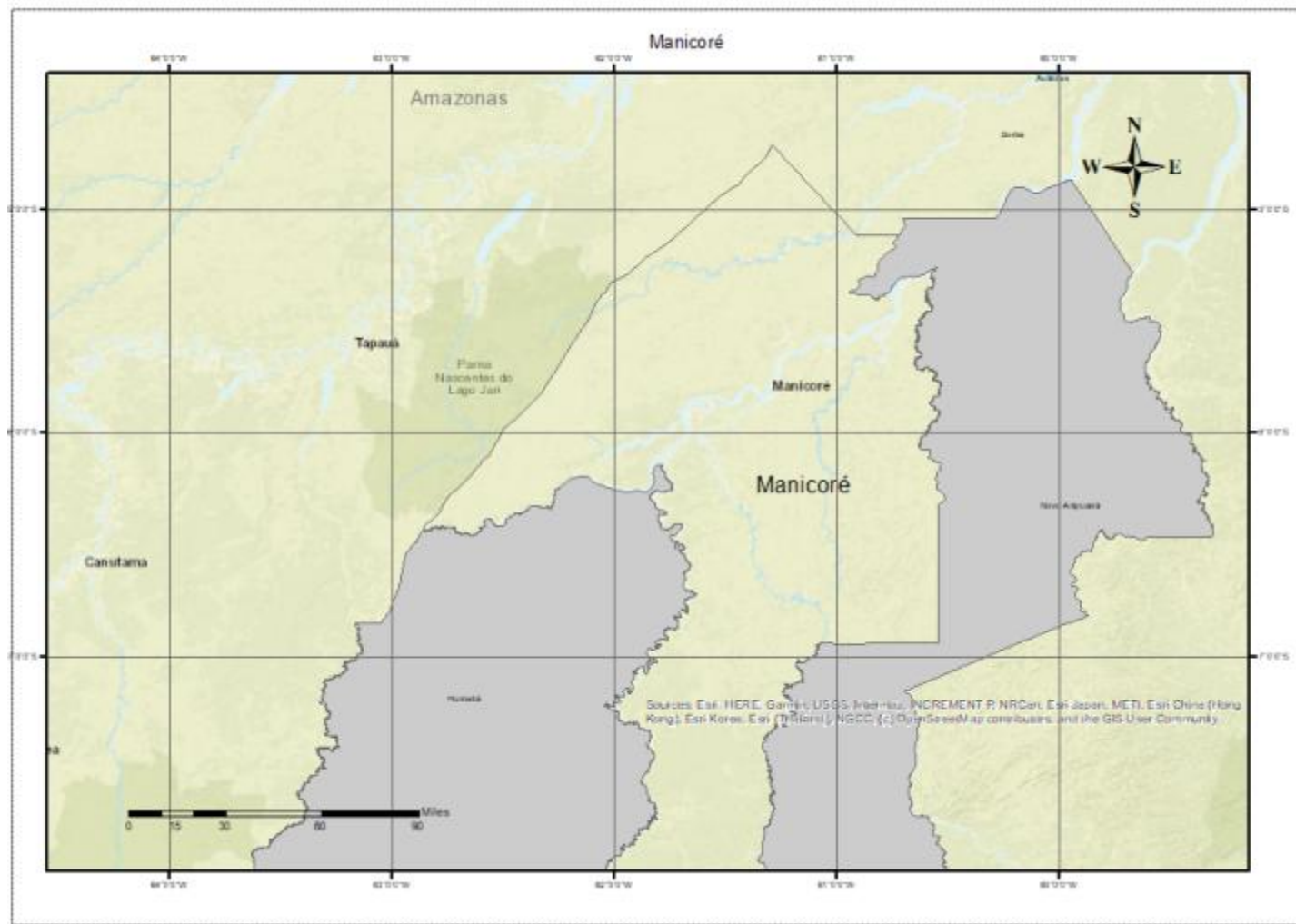


Latitude: 7° 30' 22" S

Longitude: 63° 01' 15" O

Fonte: Google Earth Pro 2025



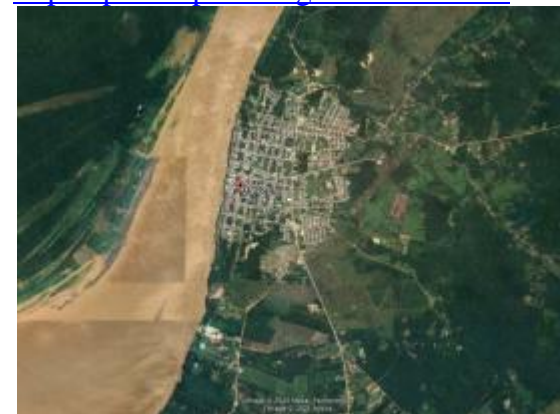


Manicoré/Rio Madeira

O município foi fundado em 15 de maio 1878, a origem da denominação de "Manicoré" provém do rio Manicoré, um dos afluentes do Rio Madeira. Já o rio Manicoré origina-se da palavra *Anicoré*, uma das tribos indígenas que habitavam a região à época da colonização.

Link:

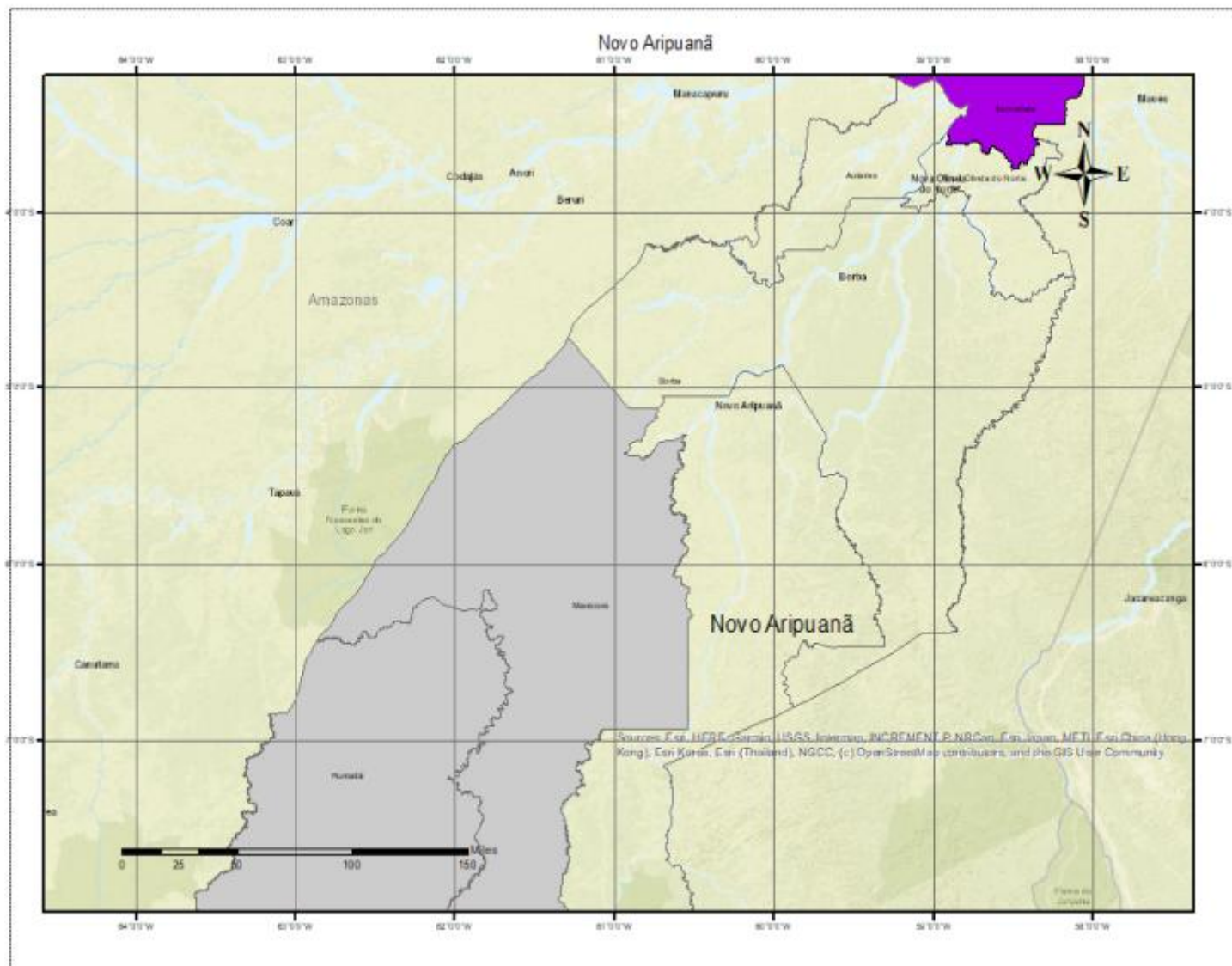
<https://pt.wikipedia.org/wiki/Manicoré>



Latitude: 5° 48' 32" S

Longitude: 61° 18' 00" O

Fonte: Google Earth Pro 2025

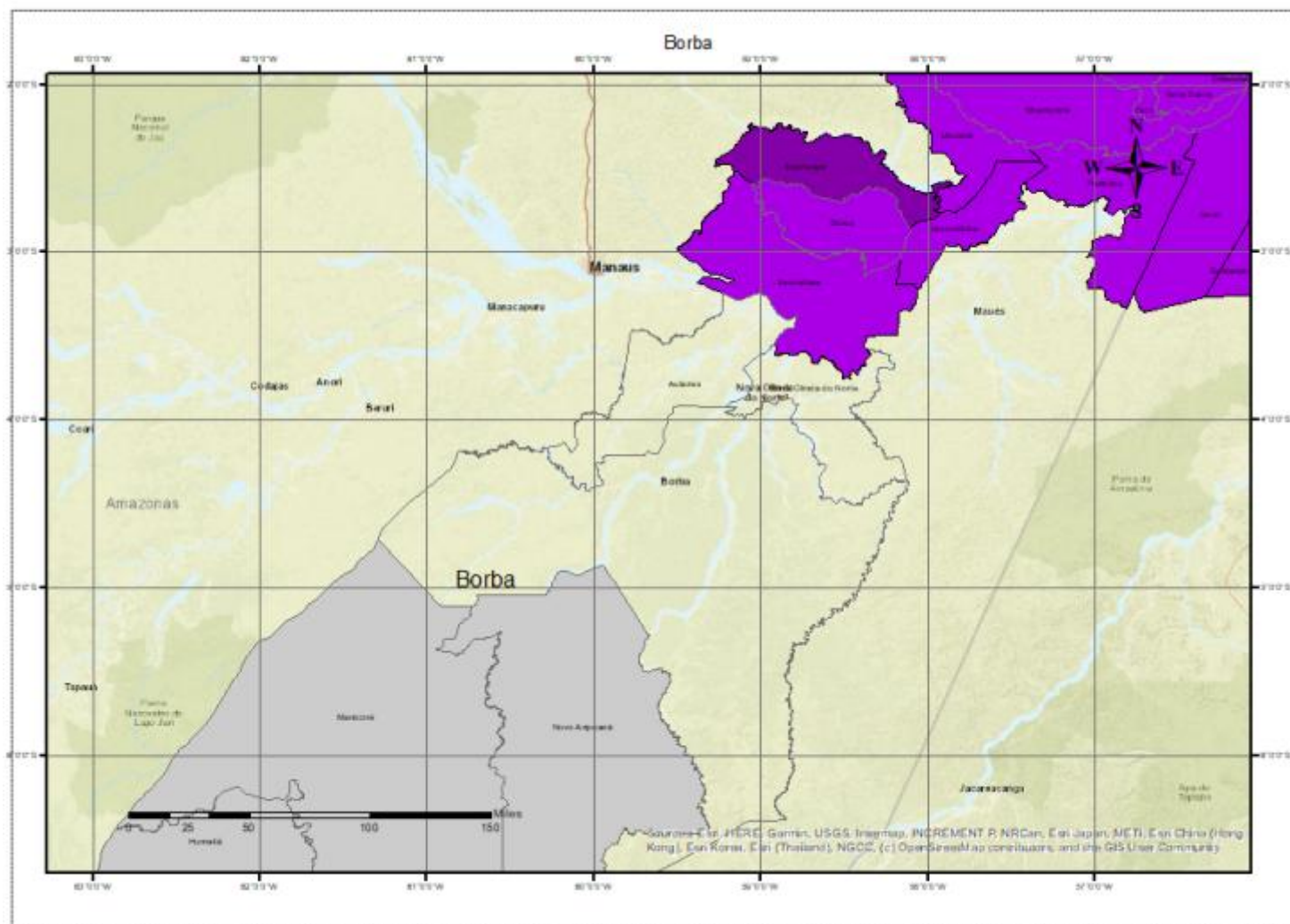


Novo Aripuanã/Rio Madeira

O município foi fundado em 19 de dezembro de 1955, o município de Novo Aripuanã é constituído de território desmembrado dos municípios Borba e Manicoré, por isso está sua história ligada estreitamente à desses municípios.

Link:
https://pt.wikipedia.org/wiki/Novo_Aripuanã

Latitude: 5° 08' 00" S
 Longitude: 60° 22' 30" O
Fonte: Google Earth Pro 2025



Borba/Rio Madeira

O município foi fundado em 3 de março de 1755, Borba tem suas origens voltadas ao século XVIII, especificamente ao ano de 1728, quando o Padre João Sampaio, da Companhia de Jesus, aportou na localidade. Até então, o lugar era um agrupamento de índios muras, situado à margem direita do rio Madeira e chamado de Sapucaia-Oroca.

Link:

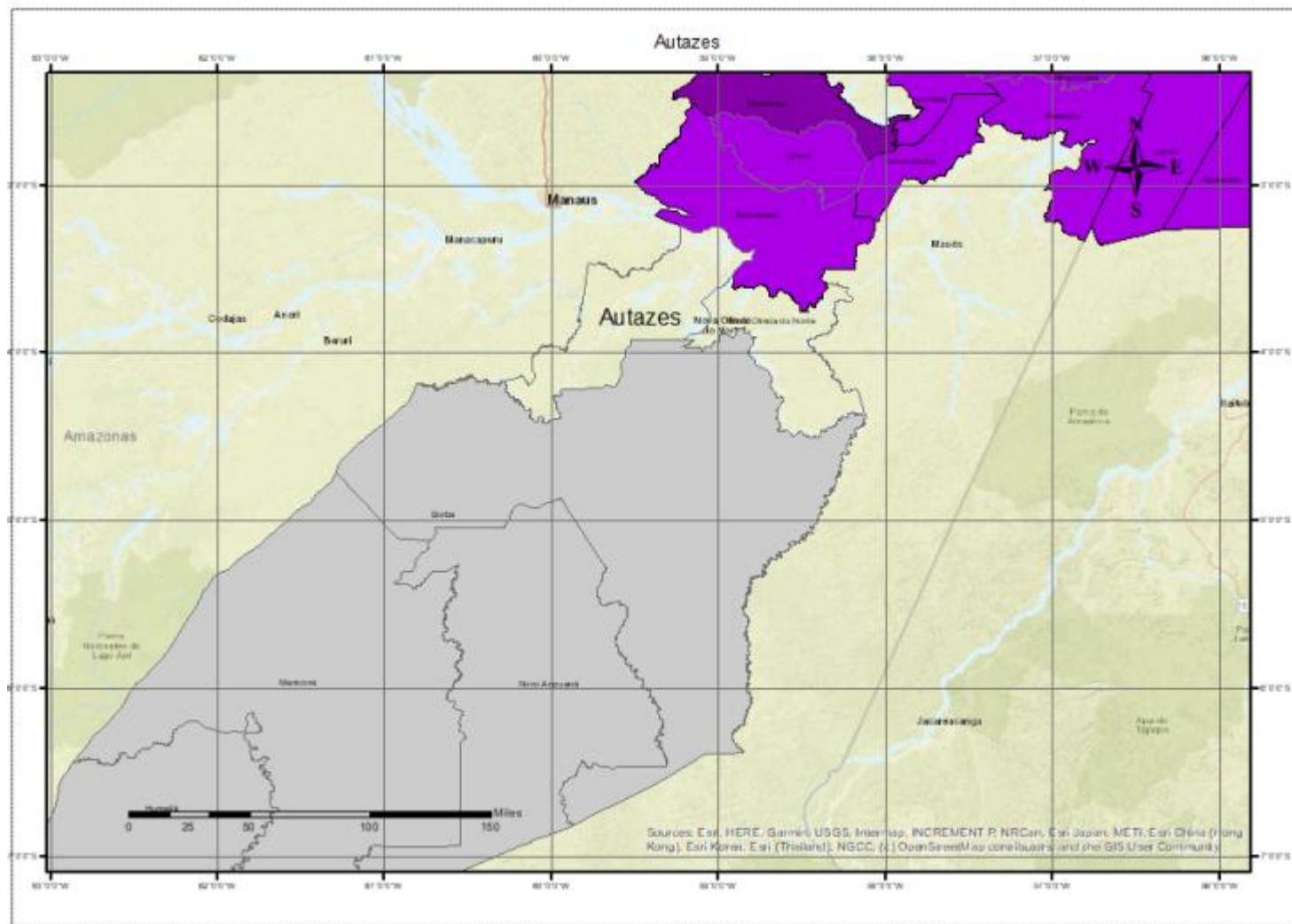
[https://pt.wikipedia.org/wiki/Borba_\(Amazonas\)](https://pt.wikipedia.org/wiki/Borba_(Amazonas))



Latitude: 4° 23' 16" S

Longitude: 59° 35' 38" O

Fonte: Google Earth Pro 2025



Autazes/Rio Madeira

O município foi fundado em 19 de dezembro de 1955, Autazes era uma região bastante conhecida já no século XVIII, pela habitação dos índios Mura, famosos por resistirem ao sistema colonizador dos portugueses.

Link:

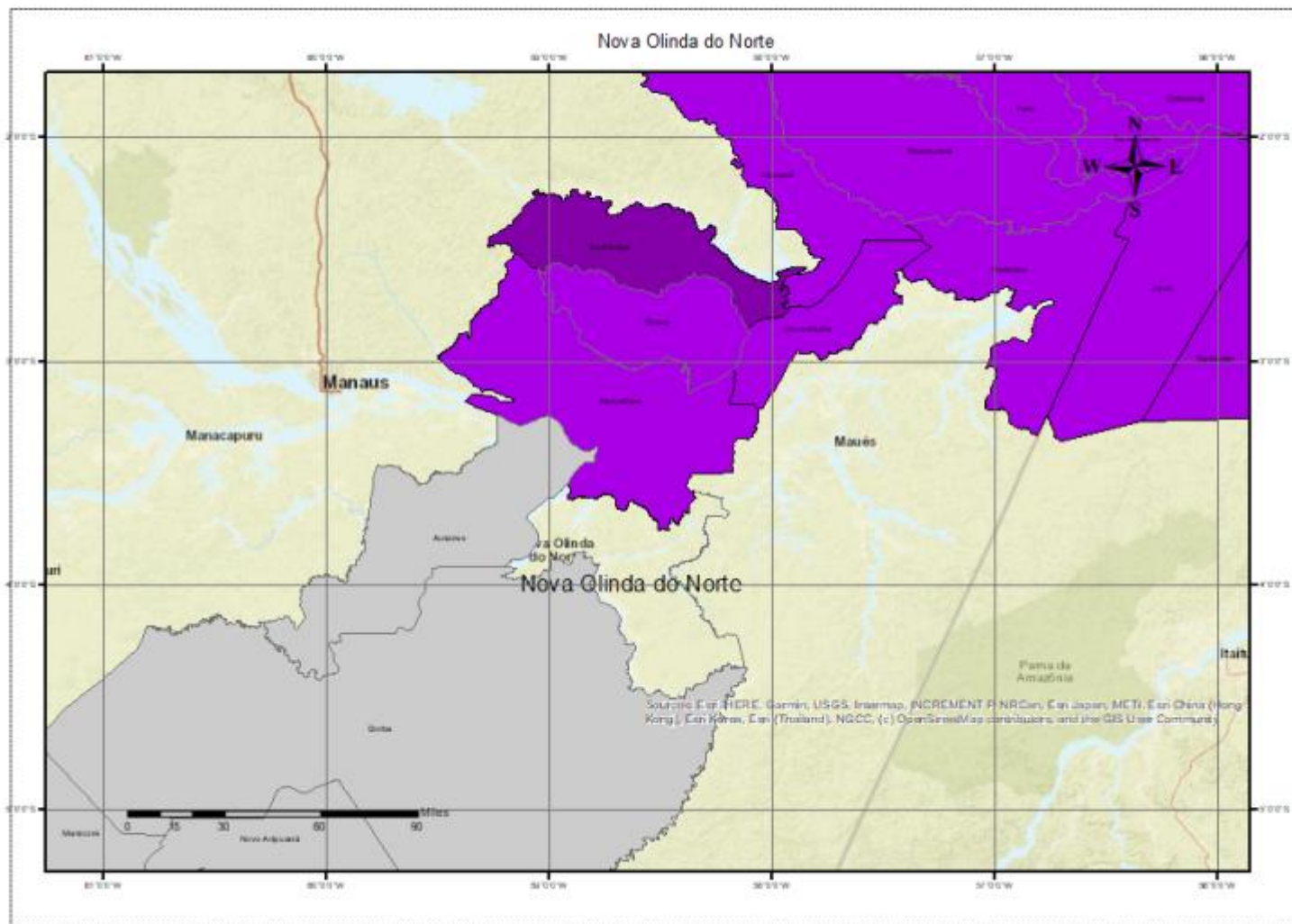
<https://pt.wikipedia.org/wiki/Autazes>



Latitude: 3° 34' 48" S

Longitude: 59° 07' 51" O

Fonte: Google Earth Pro 2025



Nova Olinda do Norte/Rio Madeira

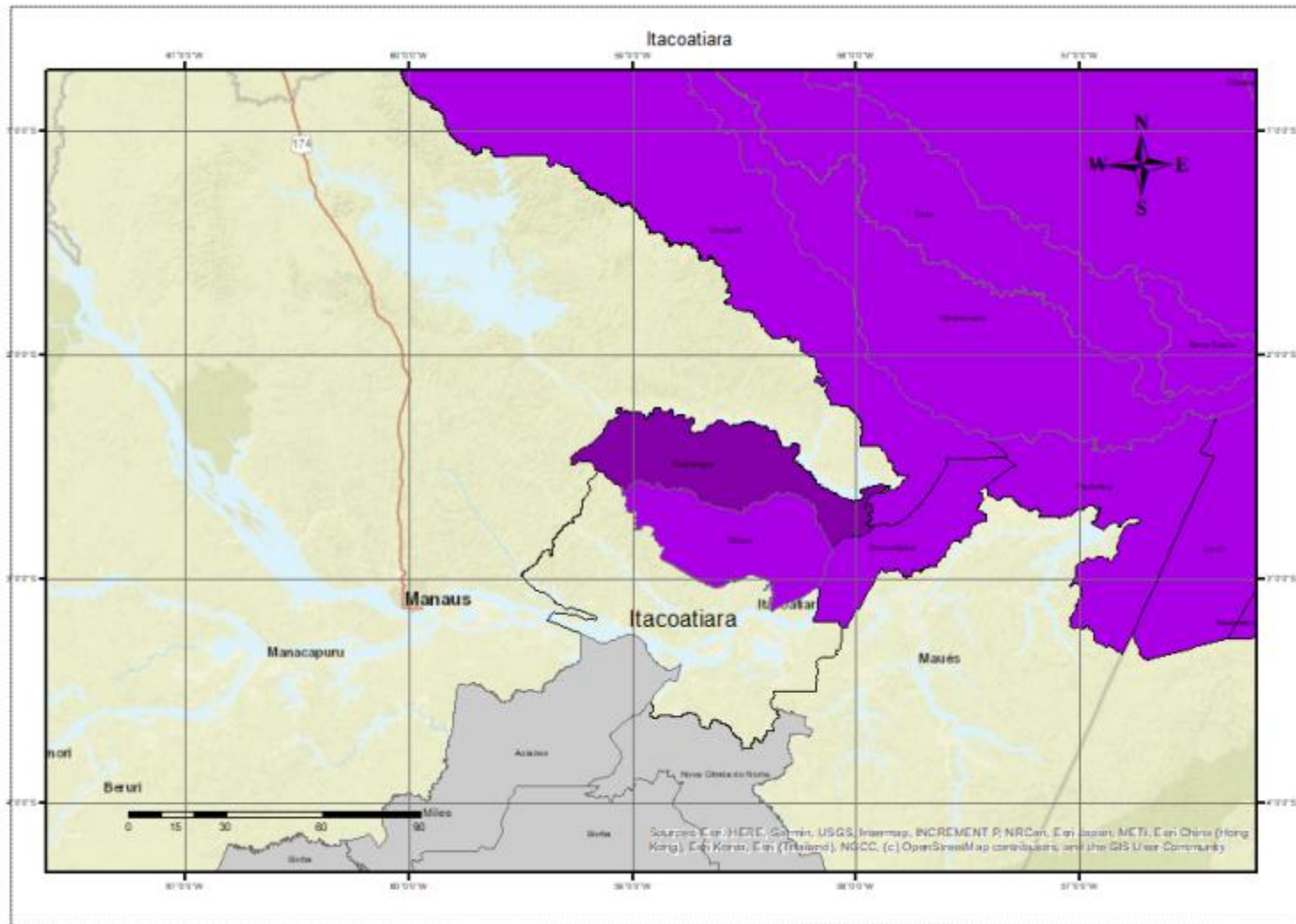
O município foi fundado em 19 de dezembro de 1955, os habitantes primitivos da região de Nova Olinda do Norte, de acordo com registros históricos, eram os índios. Entres estes, destacavam-se os índios Turás, Muras e Mundurucus.

Link:

https://pt.wikipedia.org/wiki/Nova_Olinda_do_Norte



Latitude: 3° 53' 16" S
 Longitude: 59° 05' 38" O
Fonte: Google Earth Pro 2025



Itacoatiara/Rio Amazonas

O município foi fundado em 16 de janeiro de 1760, o nome Itacoatiara, é originário da língua indígena tupi que significa "Pedra Pintada". Teve como primeiros habitantes os índios Muras, Juris, Abacaxis, Anicorés, Aponariás, Cumaxiás, Barés, Jumas, Juquis, Pariguais e Terás.

Link:

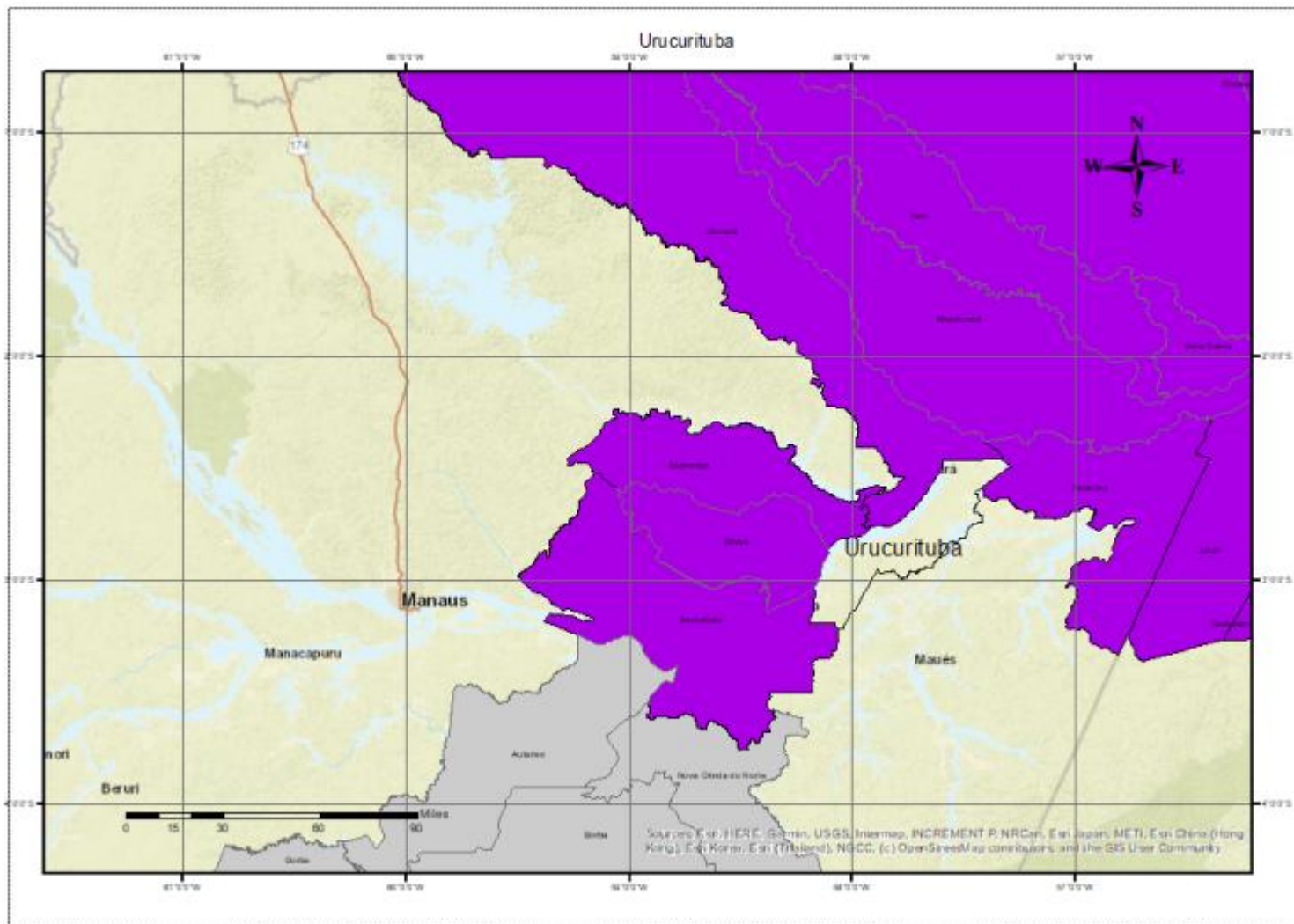
<https://pt.wikipedia.org/wiki/Itacoatiara>



Latitude: 3° 08' 01,65" S

Longitude: 58° 26' 19,04" O

Fonte: Google Earth Pro 2025



Urucurituba/Rio Amazonas

O município foi fundado em 27 de abril de 1895. Urucurituba está localizada junto à bacia hidrográfica Amazônica. Os rios que passam por Urucurituba são os rios Solimões e Negro, que formam o rio Amazonas.

Link:

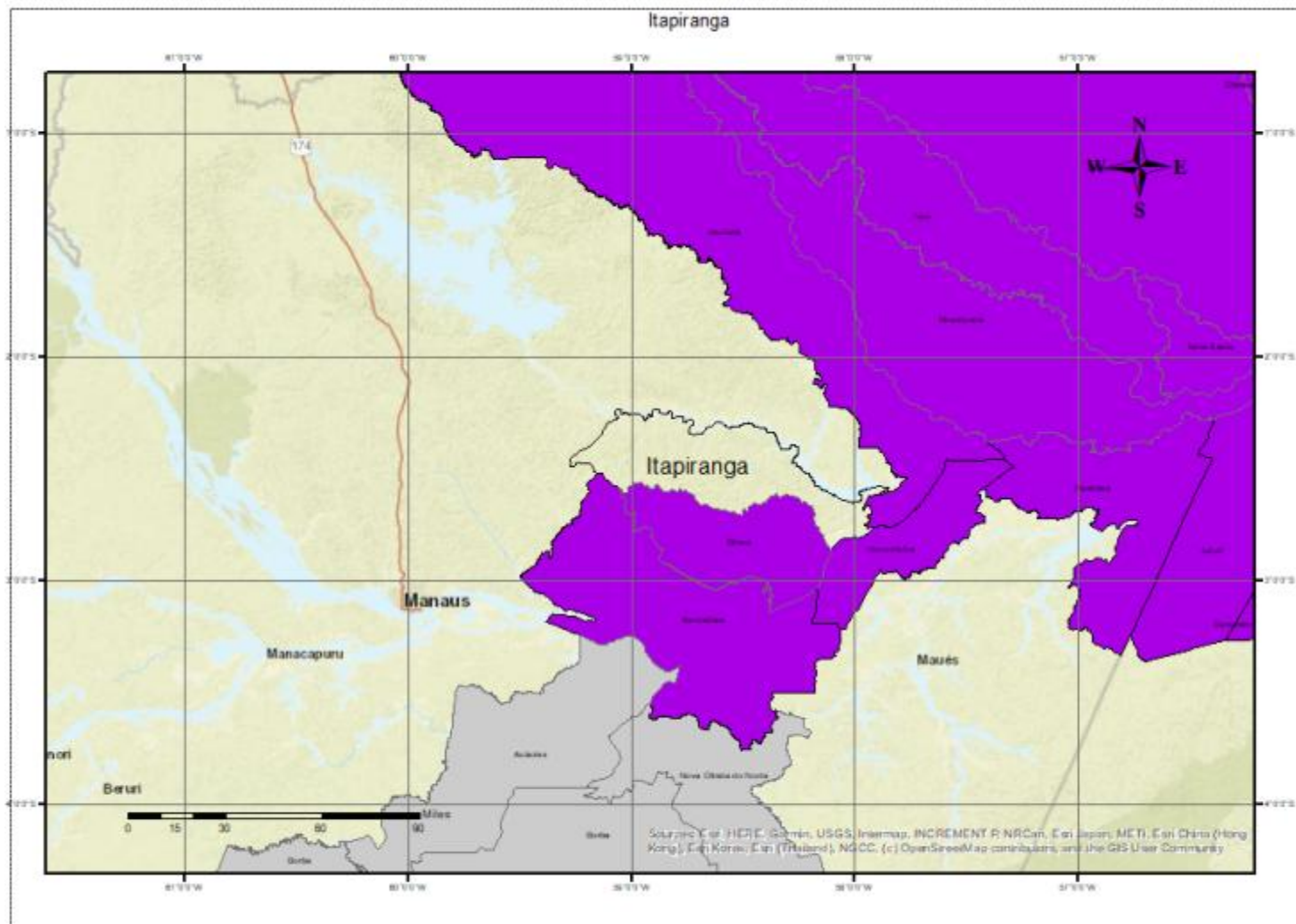
<https://pt.wikipedia.org/wiki/Urucurituba>



Latitude: 3° 07' 51" S

Longitude: 58° 09' 18" O

Fonte: Google Earth Pro 2025



Itapiranga/Rio Amazonas

O município foi fundado em 29 de dezembro de 1956. Itapiranga é um município amazonense que se encontra em plena bacia hidrográfica do Rio Amazonas. É banhada tanto pelo Rio Urubu, quanto por um dos inúmeros paranás do Rio Amazonas: o chamado Paraná de Itapiranga.

Link:

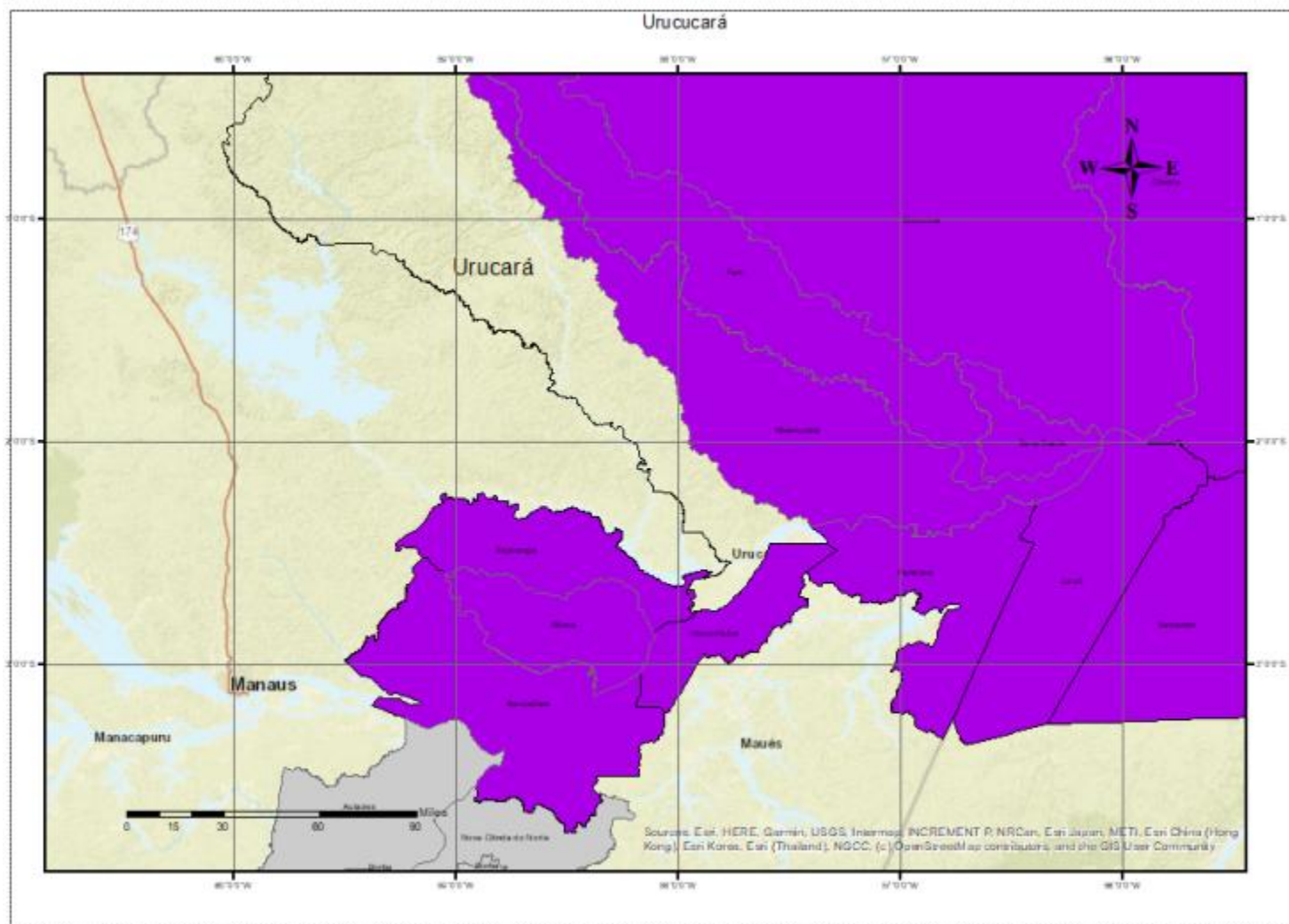
[https://pt.wikipedia.org/wiki/Itapiranga_\(Amazonas\)](https://pt.wikipedia.org/wiki/Itapiranga_(Amazonas))



Latitude: 2° 44' 56" S

Longitude: 58° 01' 19" O

Fonte: Google Earth Pro 2025

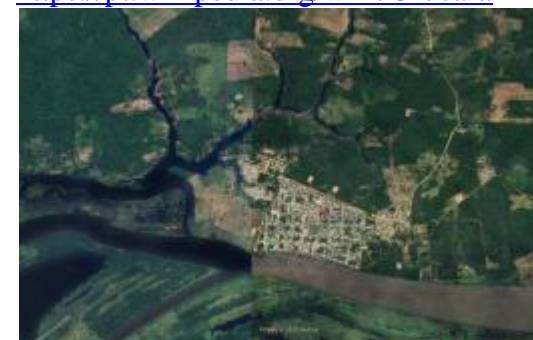


Urucará/Rio Amazonas

O município foi fundado em 12 de maio de 1887. O município de Urucará se destaca na produtividade do guaraná em relação às demais localidades produtoras no Estado por produzir guaraná com certificação internacional.

Link:

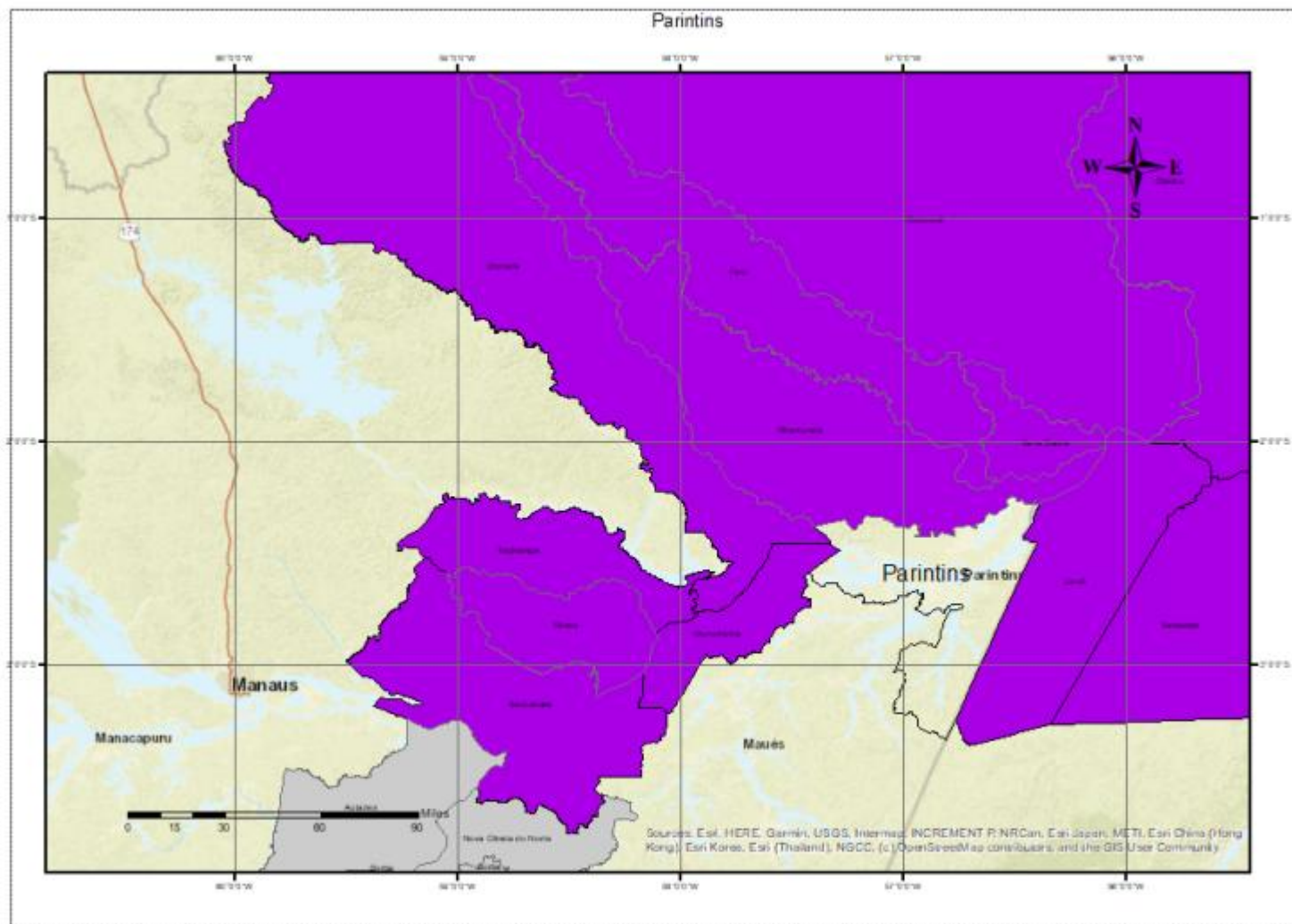
<https://pt.wikipedia.org/wiki/Urucará>



Latitude: 2° 32' 09" S

Longitude: 57° 45' 36" O

Fonte: Google Earth Pro 2025



Parintins/Rio Amazonas

O município foi fundado em 15 de outubro de 1852. O primeiro nome recebido por Parintins, foi São Miguel dos Tupinambaranas, em 1669. O nome "Parintins" só foi adotado em 1880, quando a sede passou a categoria de cidade, em homenagem aos povos indígenas parintintins, um dos inúmeros que habitavam a região.

Link:

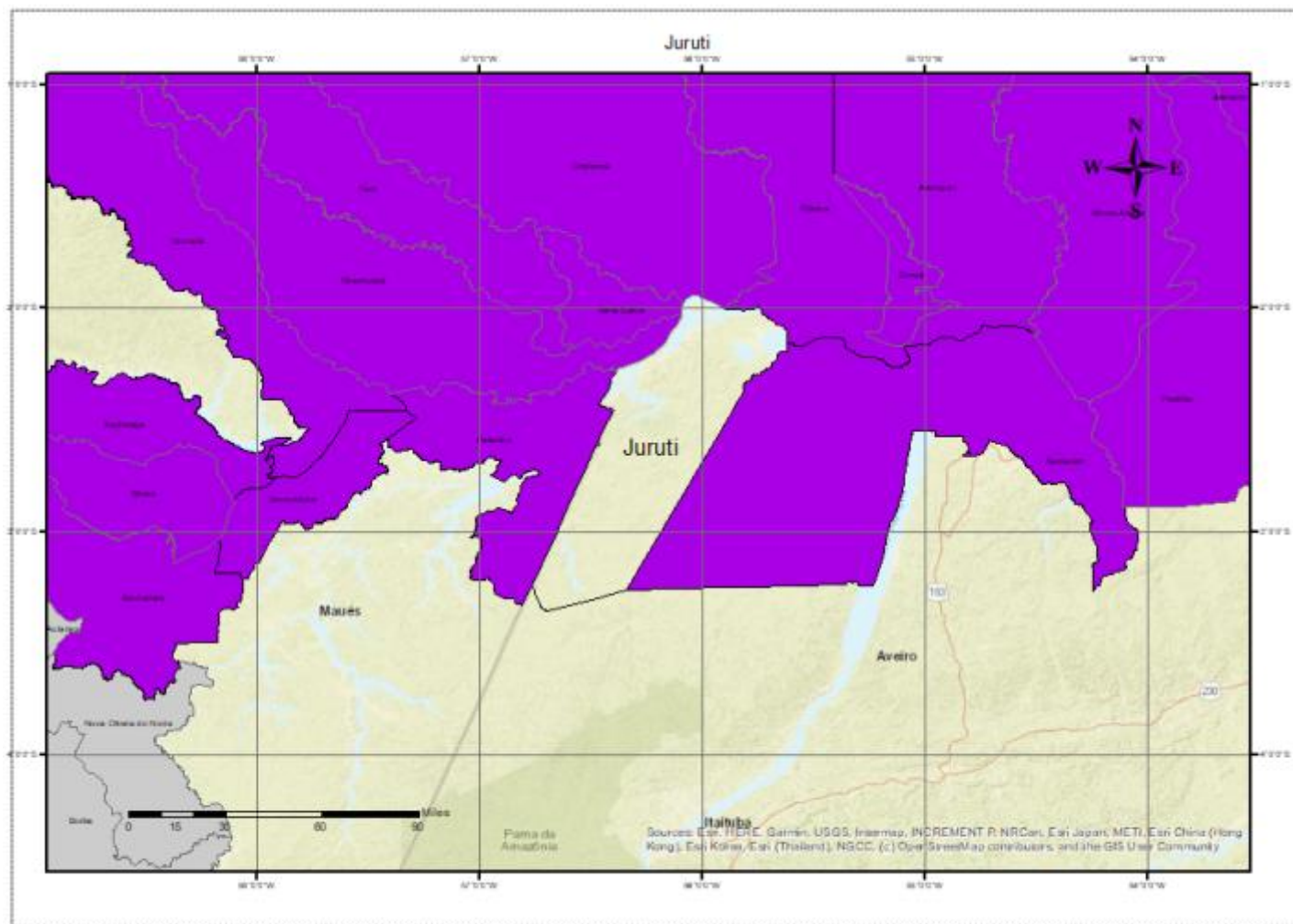
<https://pt.wikipedia.org/wiki/Parintins>



Latitude: 2° 37' 40" S

Longitude: 56° 44' 09" O

Fonte: Google Earth Pro 2025



Juruti/Rio Amazonas

O município foi fundado em 1818. O município detém uma grande e preservada área de floresta, onde predomina o bioma de floresta tropical amazônica, ombrófila densa, cujo tipo de vegetação é caracterizado como mata perenifólia cujo dossel é de até 50 m, com árvores emergentes de até 40 m de altura.

Link:

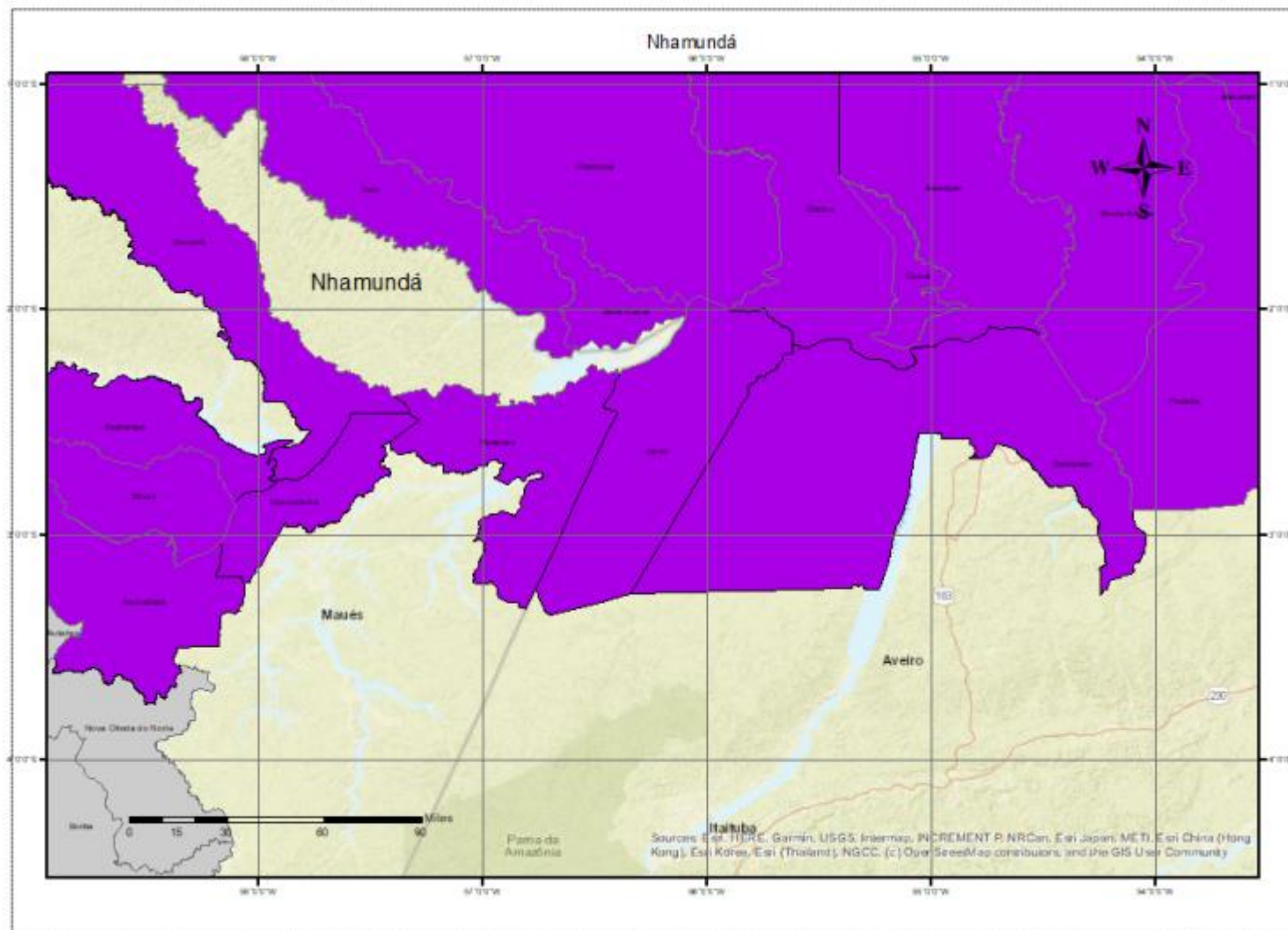
<https://pt.wikipedia.org/wiki/Juruti>



Latitude: 2° 09' 07" S

Longitude: 56° 05' 31" O

Fonte: Google Earth Pro 2025



Nhamundá/Rio Amazonas

O município foi fundado em 31 de janeiro de 1956, o nome do município é referente ao rio de mesmo nome, o rio Nhamundá, que por sua vez foi originário da tribo dos índios jamundás, tanto o rio quando o município são divisores do estado do Amazonas com o Pará.

Link:

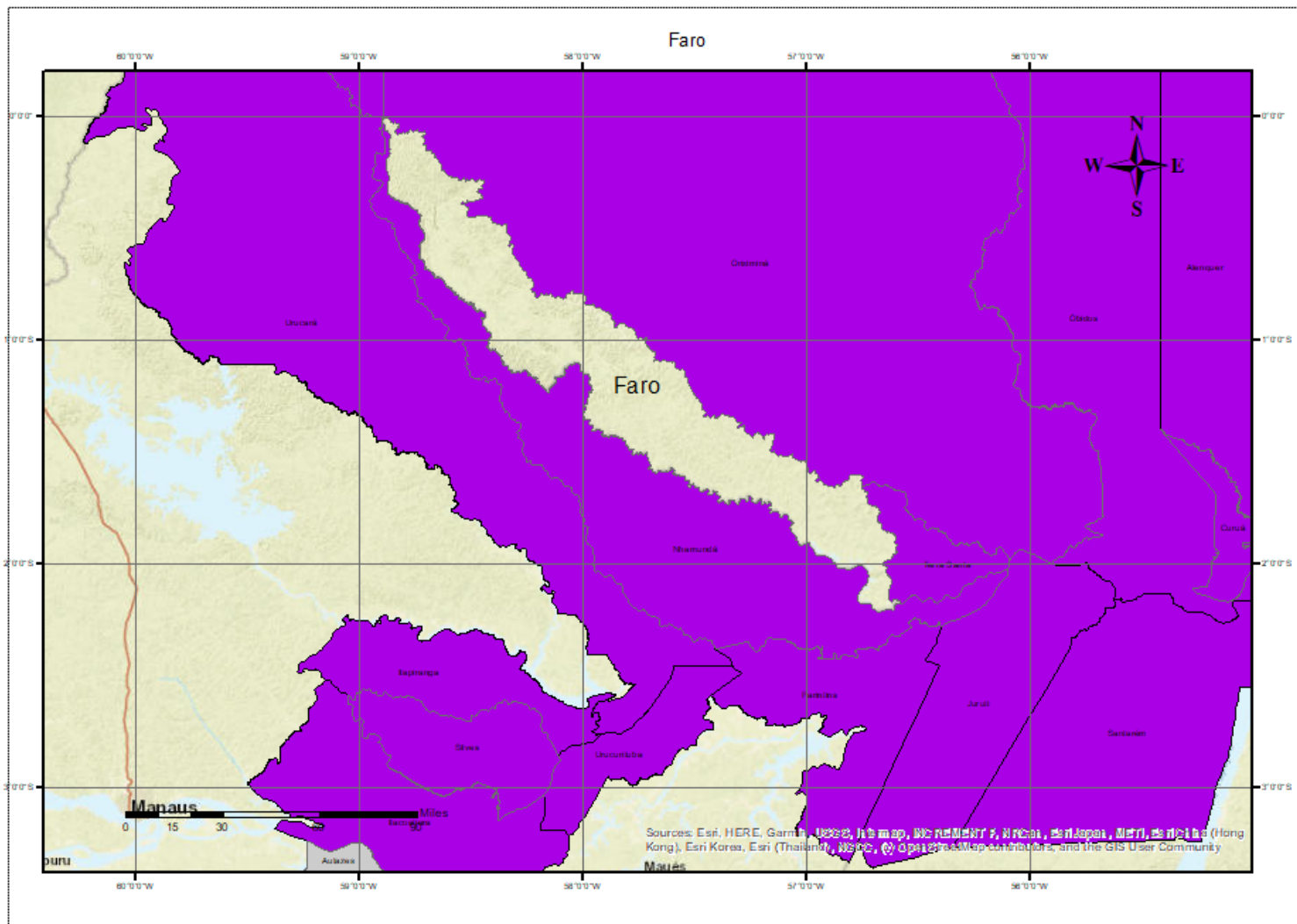
<https://pt.wikipedia.org/wiki/Nhamundá>



Latitude: 2° 11' 09" S

Longitude: 56° 42' 46" O

Fonte: Google Earth Pro 2025

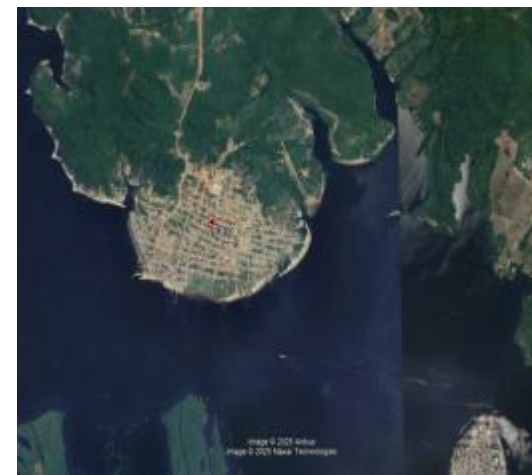


Faro/Rio Amazonas

O município foi fundado em 21 de dezembro de 1768. O Município de Faro teve sua origem na aldeia dos índios Jamundás que, à época era acompanhada pelos missionários da Congregação Capuchos da Piedade e ficava situada logo abaixo da confluência do rio Paratucu com o Nhamundá.

Link:

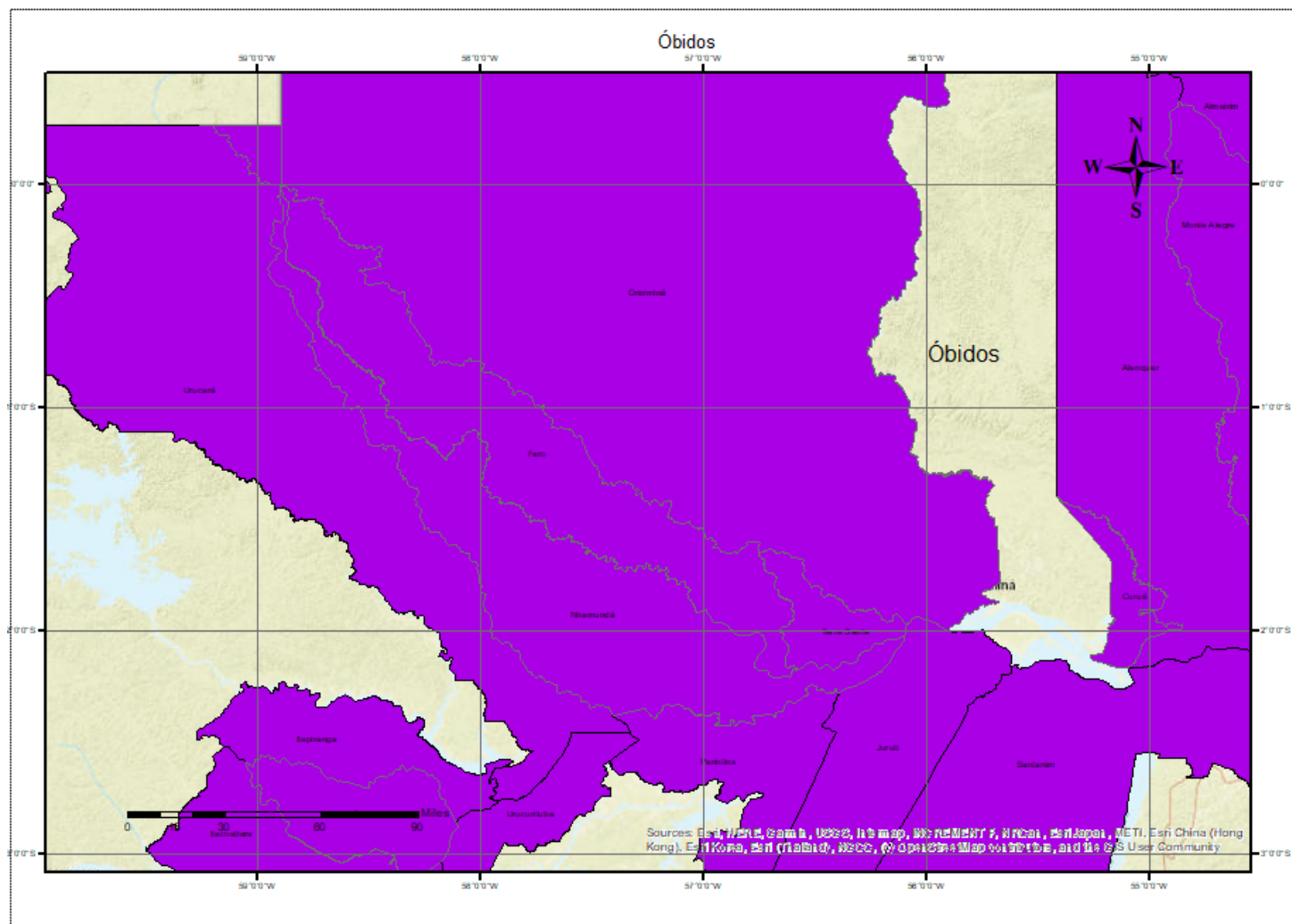
[https://pt.wikipedia.org/wiki/Faro_\(Pará\)](https://pt.wikipedia.org/wiki/Faro_(Pará))



Latitude: 2° 10' 15" S

Longitude: 56° 44' 42" O

Fonte: Google Earth Pro 2025



Óbidos/Rio Amazonas

O município foi fundado em 12 de dezembro de 1697. A base da economia local foi no passado o que convencionou-se chamar de drogas do sertão, a fibra da juta, o cacau, a madeira, a castanha do Pará e a pesca.

Link:

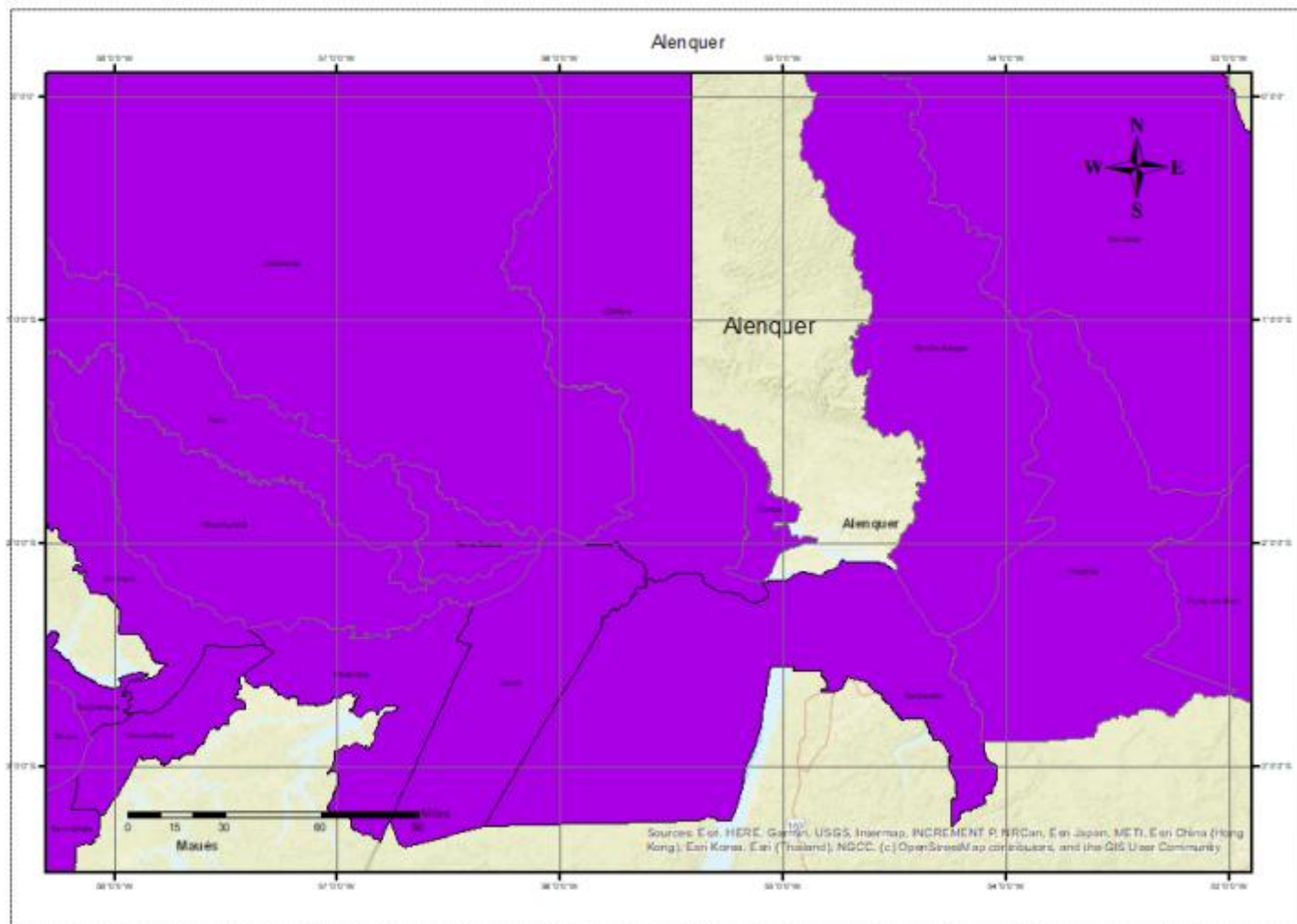
[https://pt.wikipedia.org/wiki/Óbidos_\(Pará\)](https://pt.wikipedia.org/wiki/Óbidos_(Pará))



Latitude: 1° 55' 04" S

Longitude: 55° 31' 04" O

Fonte: Google Earth Pro 2025



Alenquer/Rio Amazonas

O município foi fundado em 1729, Primitivamente chamada de aldeia de Surubiú (nome de língua tupi que significava, provavelmente, rio dos surubis).

Link:

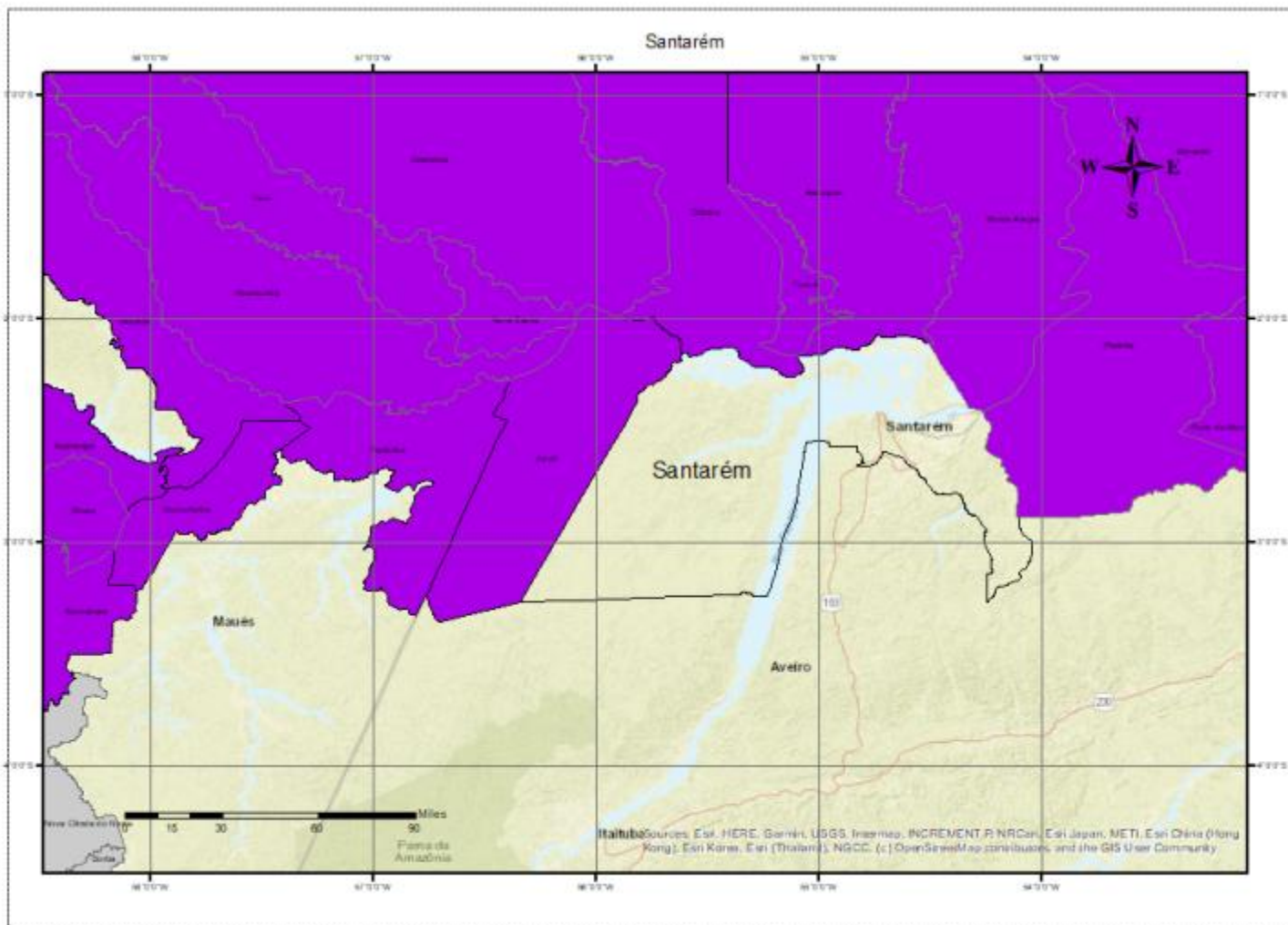
[https://pt.wikipedia.org/wiki/Alenquer_\(Pará\)](https://pt.wikipedia.org/wiki/Alenquer_(Pará))



Latitude: 1° 56' 31" S

Longitude: 54° 44' 16" O

Fonte: Google Earth Pro 2025



Santarém/Rio Amazonas

O município foi fundado em 22 de julho de 1661. O nome "Santarém" é uma homenagem dada pelos colonizadores lusos à cidade portuguesa homônima, famosa por suas regiões vinícolas, havendo mesmo uma variedade de uva trincadeira de formato oval chamada também Santarém. Link:

[https://pt.wikipedia.org/wiki/Santarém_\(Pará\)](https://pt.wikipedia.org/wiki/Santarém_(Pará))



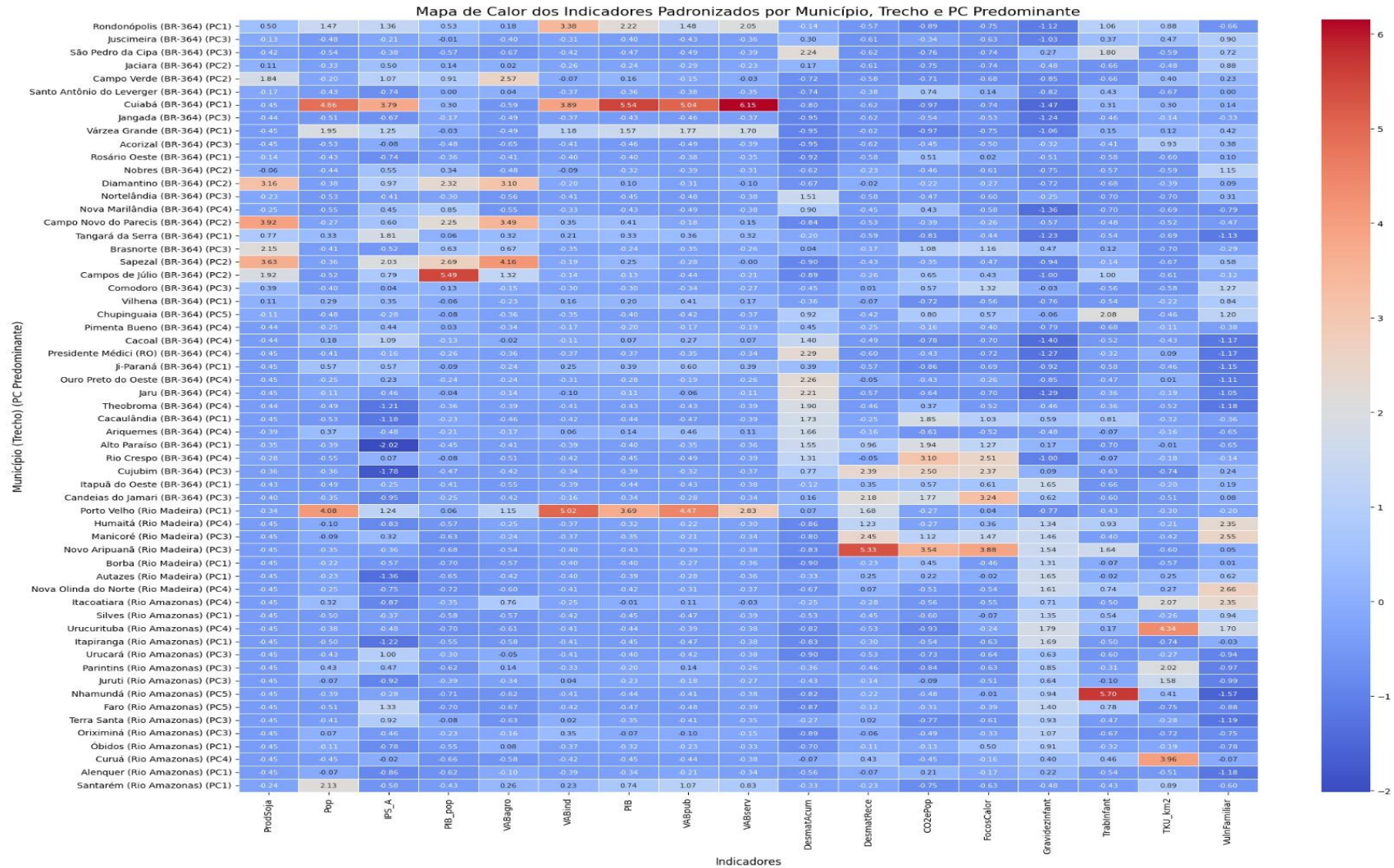
Latitude: 2° 26' 34" S

Longitude: 54° 42' 28" O

Fonte: Google Earth Pro 2025

ANEXO B – Mapa de calor dos carregamentos dos indicadores por município nos

Perfis de clusterização do corredor BR-364–Rio Madeira

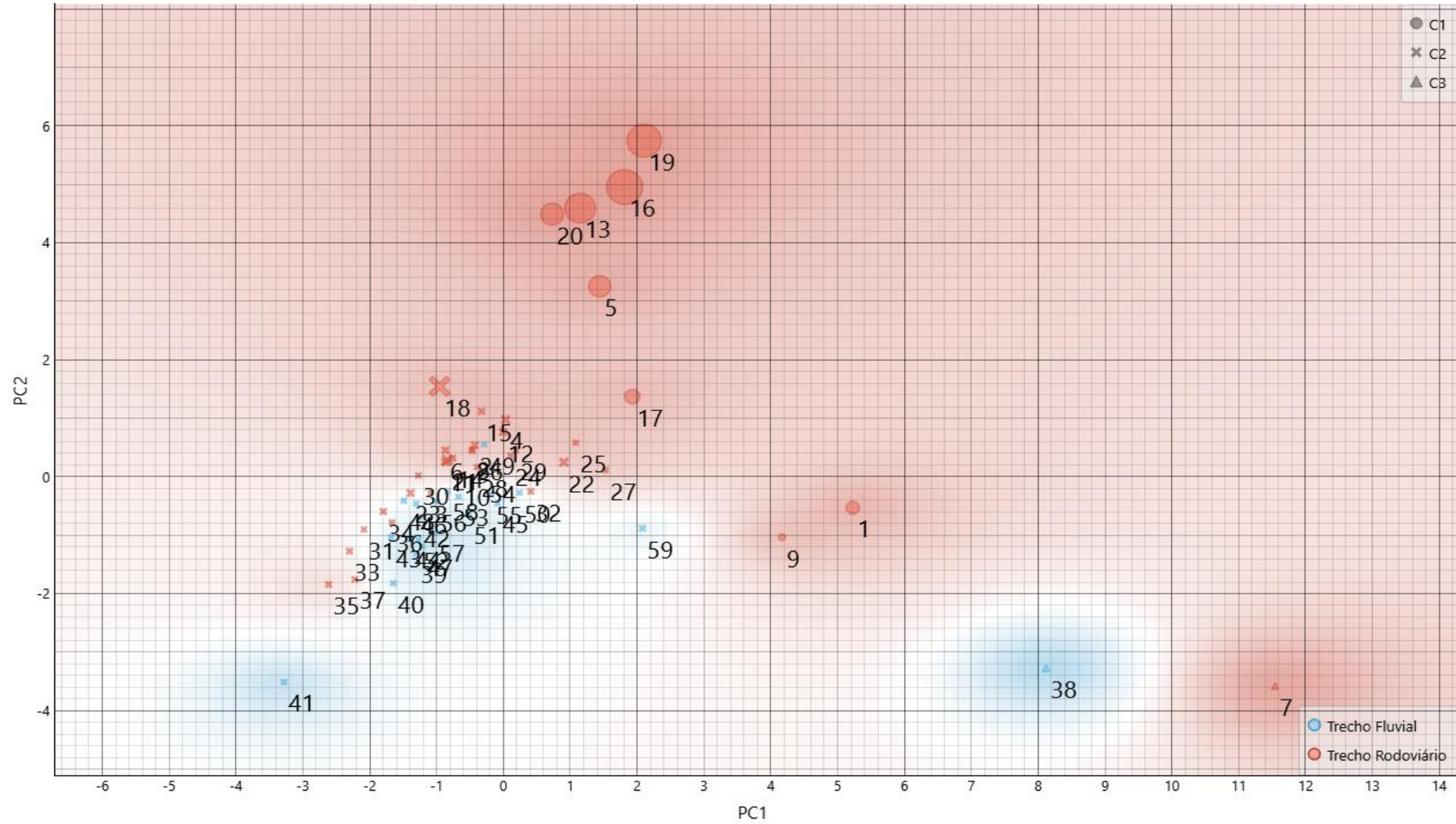


Fonte: extraído do software Orange pelo Autor (2025).

ANEXO C - Mapas adicionais de apoio à análise territorial da rota BR-364 Rio Madeira

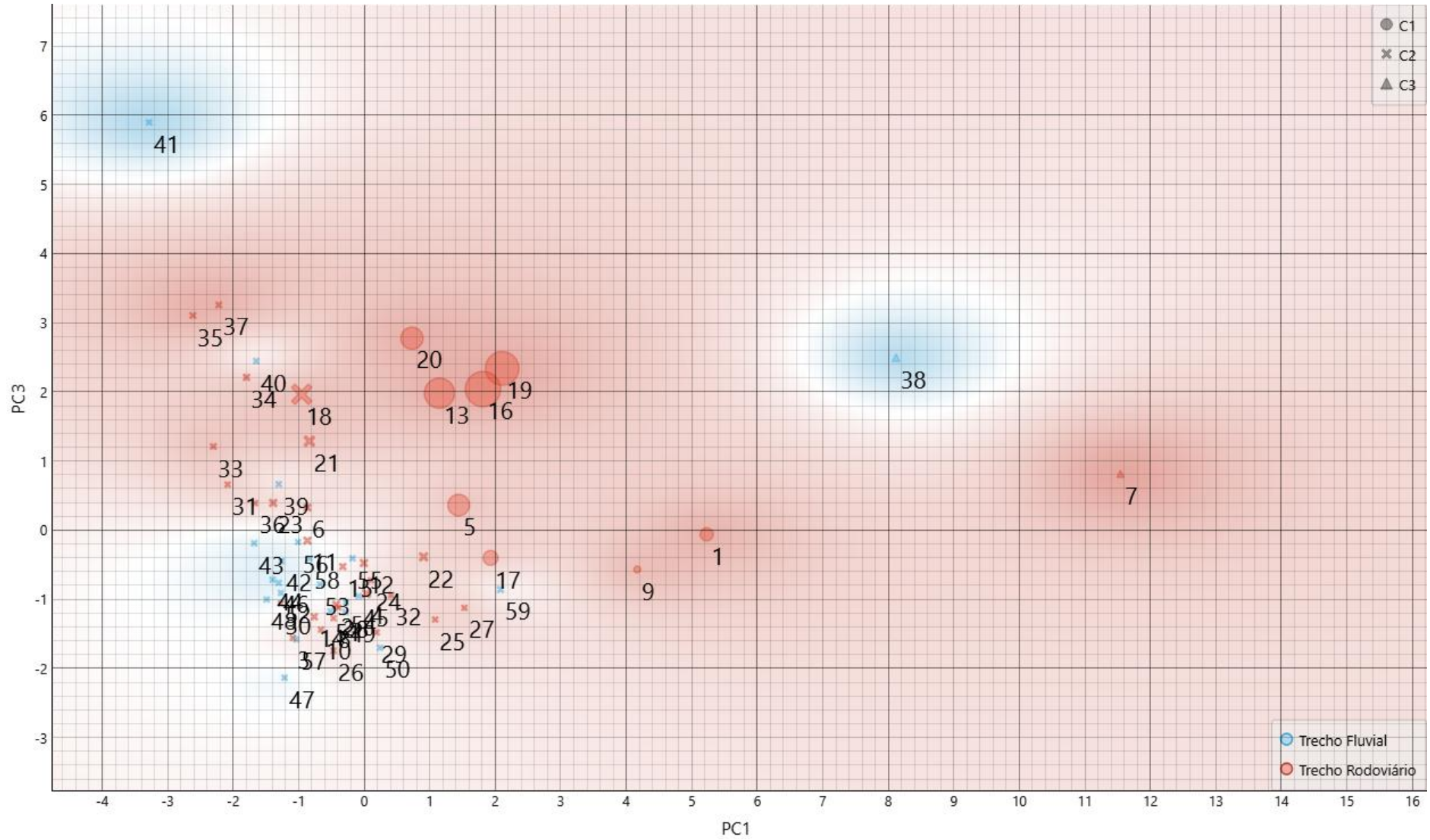
1.PC1 x PC2 – Trecho Fluvial x Trecho Rodoviário.....	179
2. PC1 x PC3 – Trecho Fluvial x Trecho Rodoviário.....	180
3. PC1 x PC4 – Trecho Fluvial x Trecho Rodoviário.....	181
4.PC1 x PC5 – Trecho Fluvial x Trecho Rodoviário.....	182
5.PC2 x PC3 – Trecho Fluvial x Trecho Rodoviário.....	183
6.PC2 x PC4 – Trecho Fluvial x Trecho Rodoviário.....	184
7.PC2 x PC5 – Trecho Fluvial x Trecho Rodoviário.....	185
8.PC3 x PC4 – Trecho Fluvial x Trecho Rodoviário.....	186
9.PC3 x PC5 – Trecho Fluvial x Trecho Rodoviário	187
10.PC4 x PC5 – Trecho Fluvial x Trecho Rodoviário.....	188
11.Municípios – Índice de Progresso Social Amazônia Rosário Oeste/ BR364.....	189
12.Municípios – Produção de Soja.....	190
13.Municípios – Trabalho Infantil.....	191
14.Municípios – Tonelada-quilômetro quadrado (TKU/Km ²).....	192
15.Municípios – Emissão de CO ₂	193
16.Municípios – Desmatamento Recente.....	194
17.Municípios – Desmatamento Acumulado.....	195
18.Municípios – Vulnerabilidade Familiar.....	196
19.Municípios – Gravidez Infantil.....	197
20.Municípios – Focos de Calor.....	198
21.Municípios – Valor Agregado Bruto Agropecuário.....	199
22.Municípios – Valor Agregado Bruto Serviços.....	200
23.Municípios – Valor Agregado Bruto Público.....	201
24.Municípios – Valor Agregado Bruto Indústria.....	202
25.Municípios – População.....	203
26.Municípios – Produto Interno Bruto.....	204
27. Municípios – Produto Interno Bruto/Poluição.....	205

PC1 x PC2 – Trecho Fluvial x Trecho Rodoviário



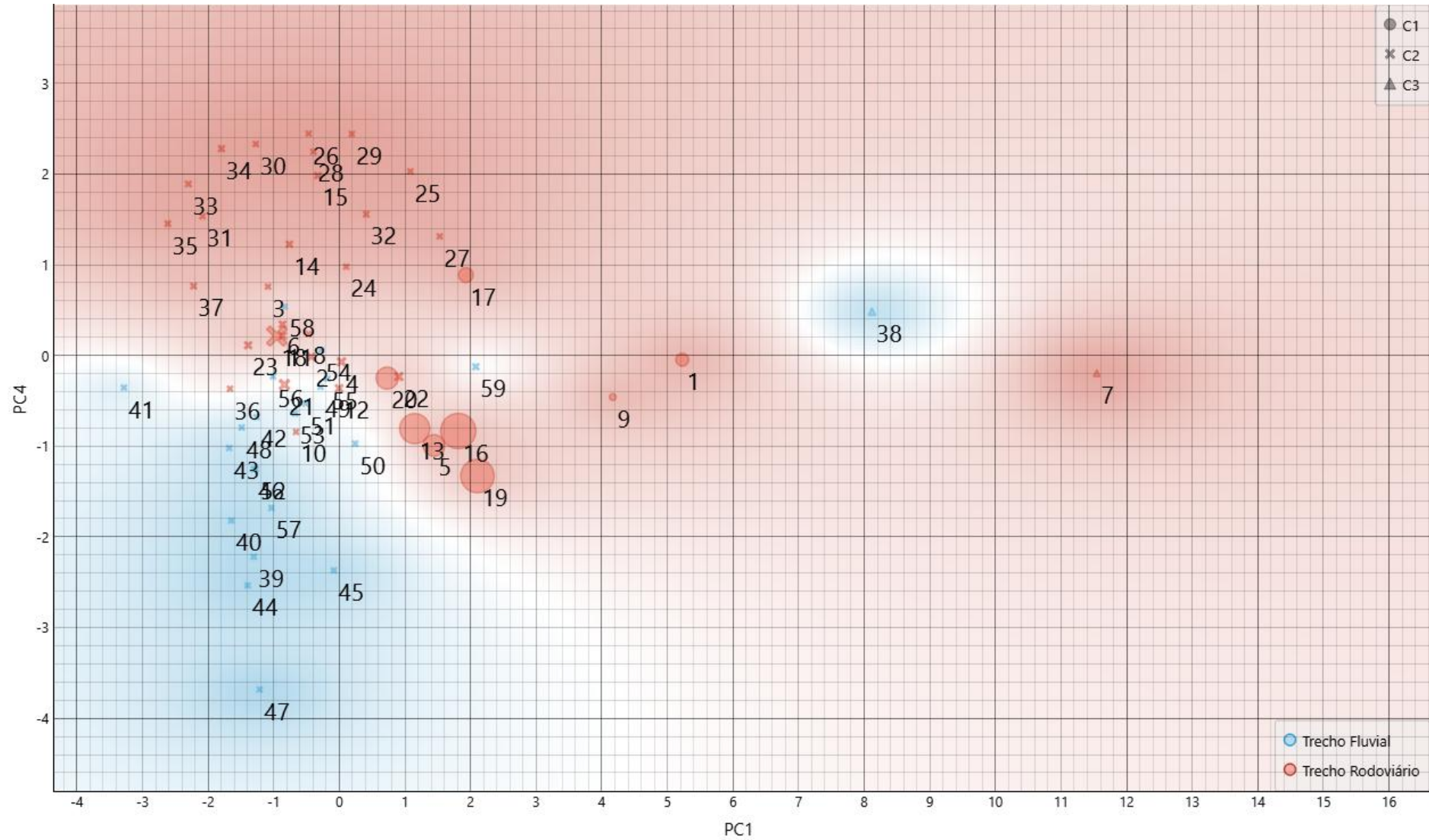
Fonte: extraído do software *Orange* pelo Autor (2025).

PC1 x PC3 – Trecho Fluvial x Trecho Rodoviário



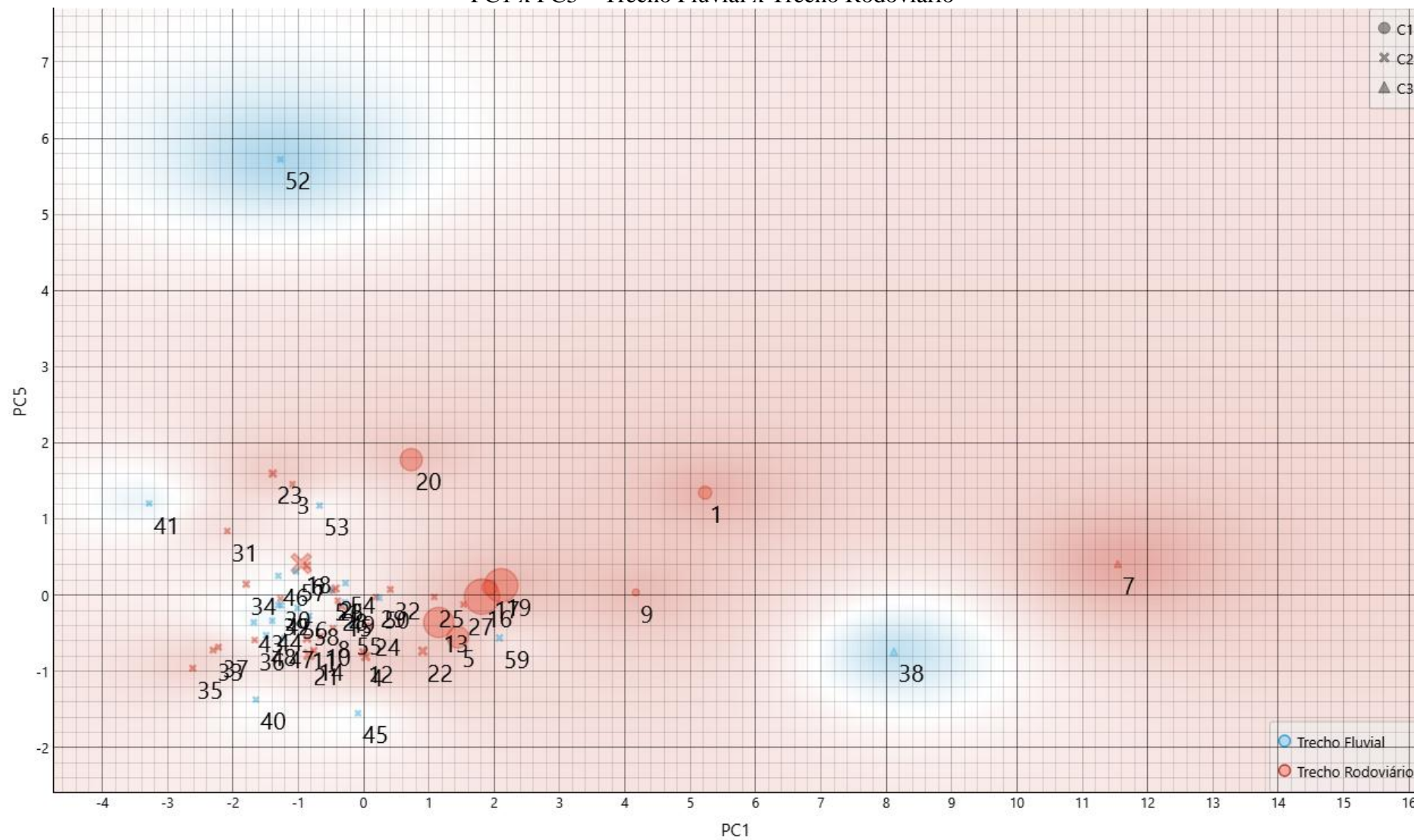
Fonte: extraído do software *Orange* pelo Autor (2025).

PC1 x PC4 – Trecho Fluvial x Trecho Rodoviário



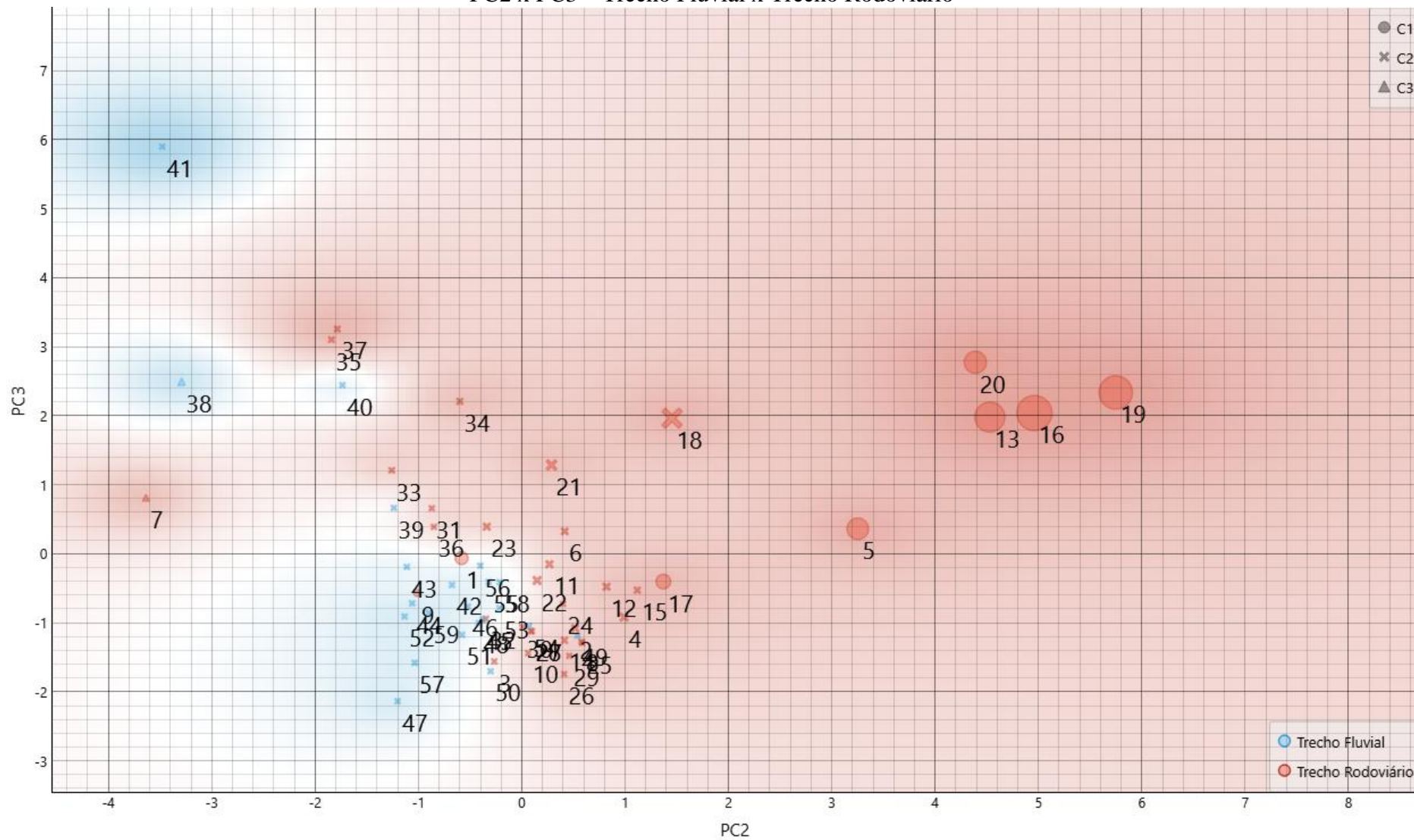
Fonte: extraído do software *Orange* pelo Autor (2025).

PC1 x PC5 – Trecho Fluvial x Trecho Rodoviário



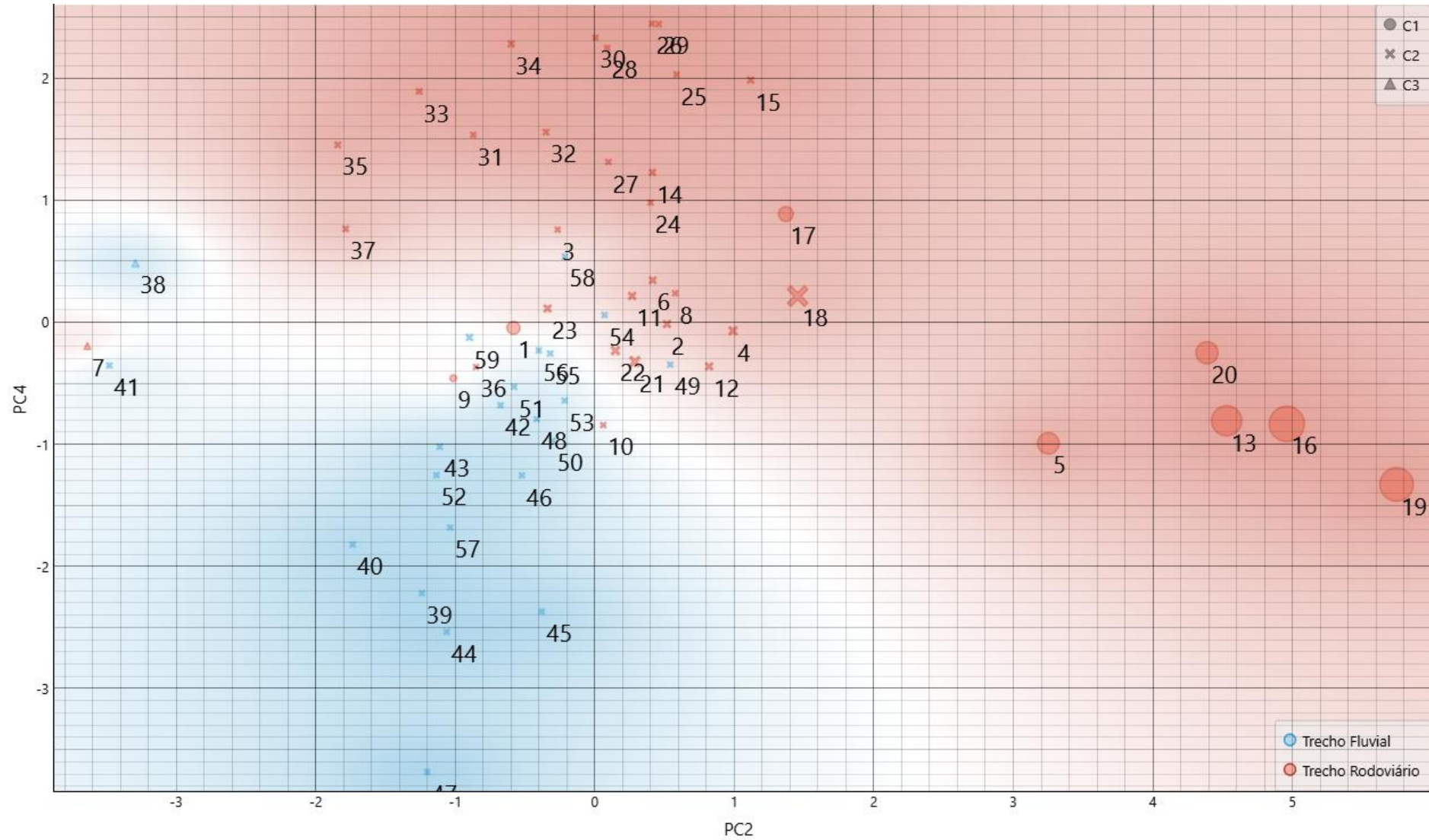
Fonte: extraído do software *Orange* pelo Autor (2025).

PC2 x PC3 – Trecho Fluvial x Trecho Rodoviário



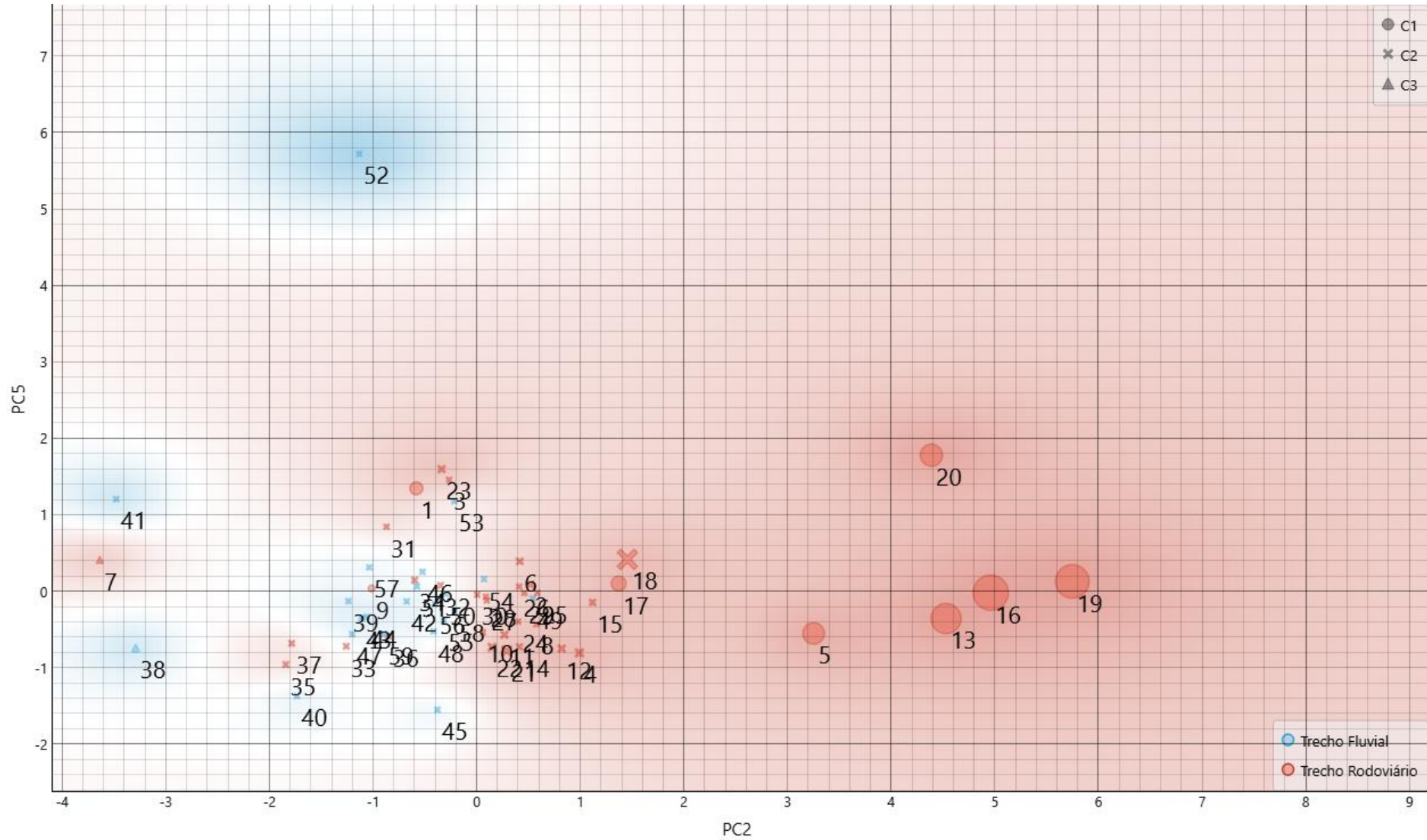
Fonte: extraído do software *Orange* pelo Autor (2025).

PC2 x PC4 – Trecho Fluvial x Trecho Rodoviário



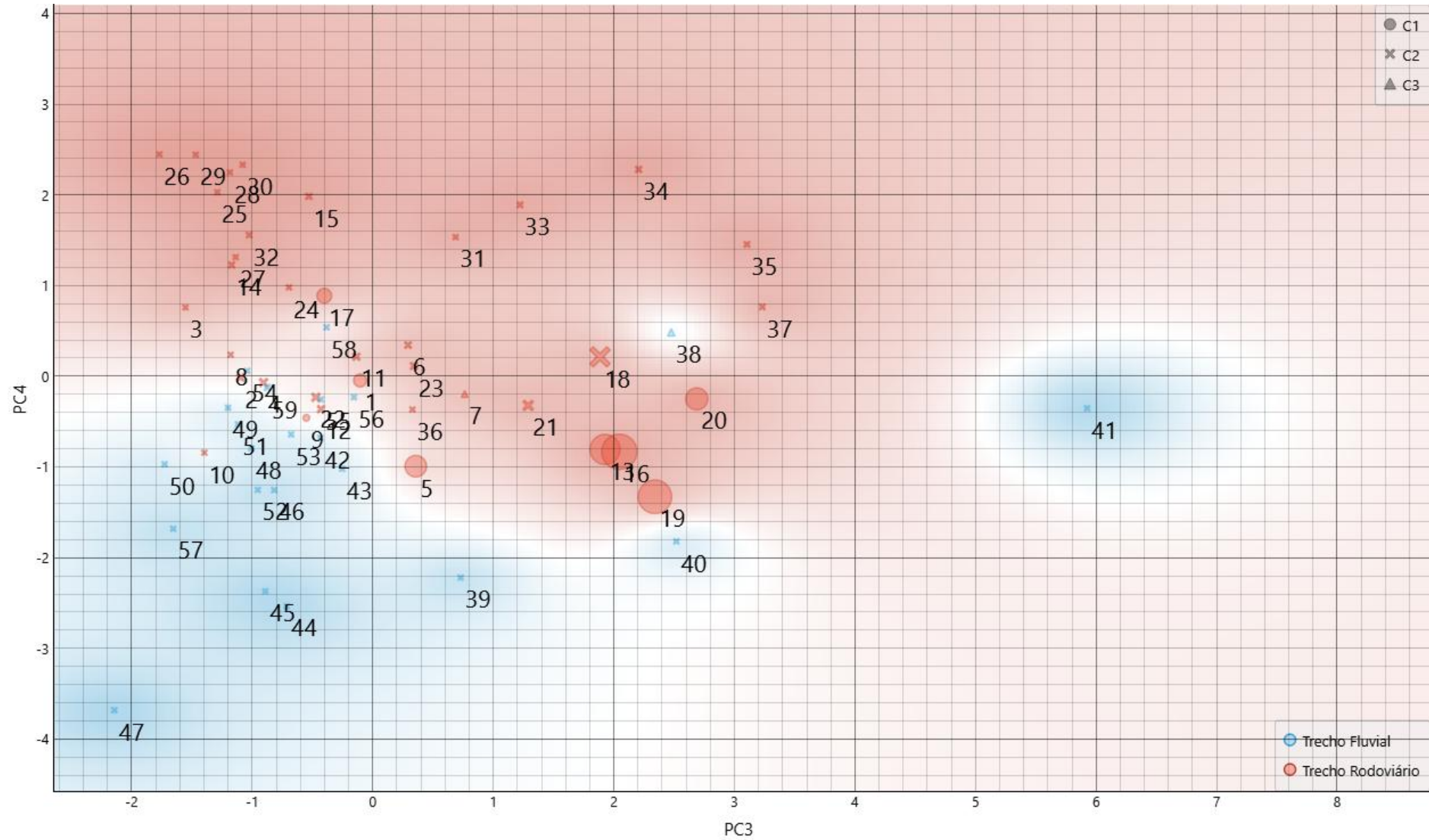
Fonte: extraído do software Orange pelo Autor (2025).

PC2 x PC5 – Trecho Fluvial x Trecho Rodoviário



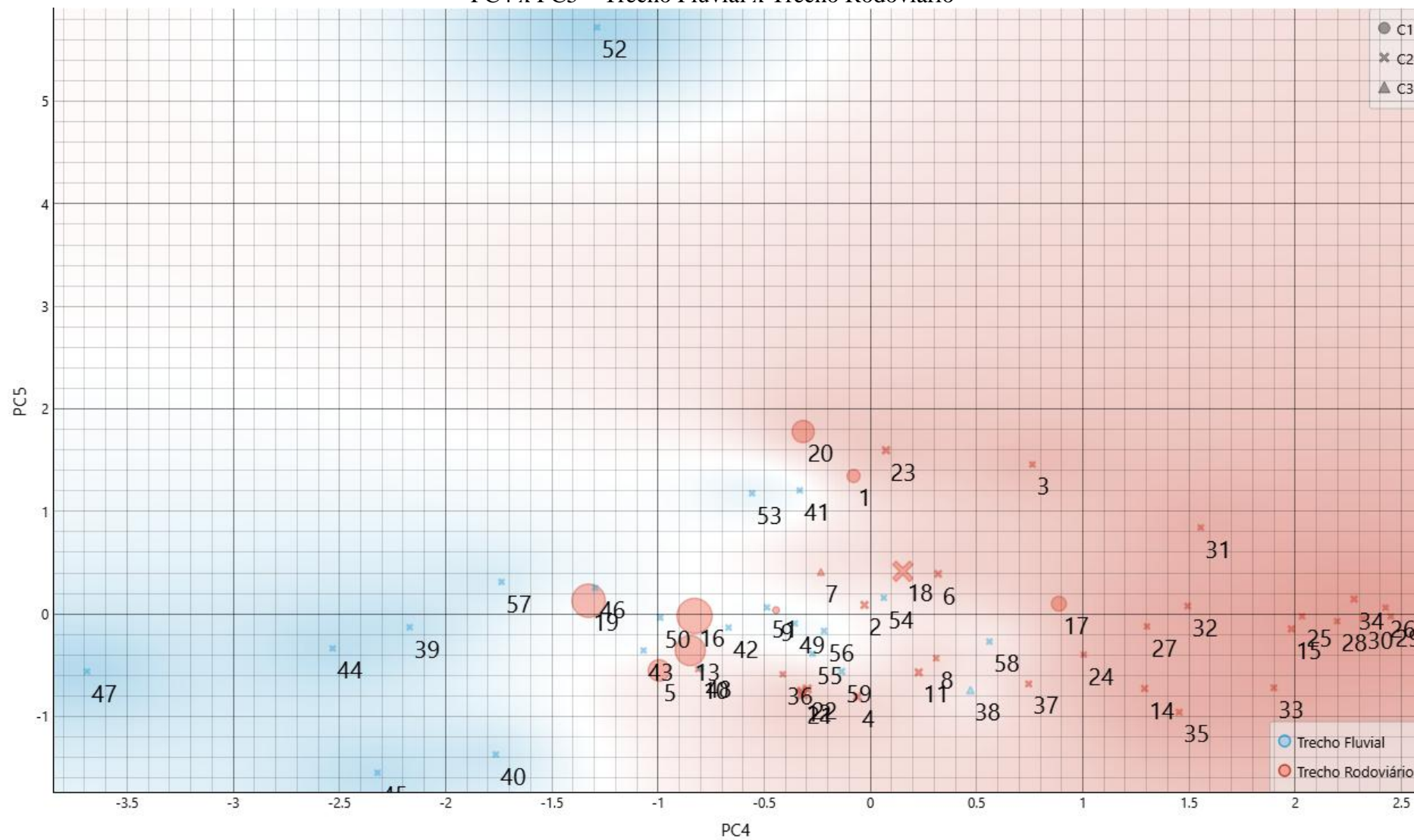
Fonte: extraído do software Orange pelo Autor (2025).

PC3 x PC4 – Trecho Fluvial x Trecho Rodoviário



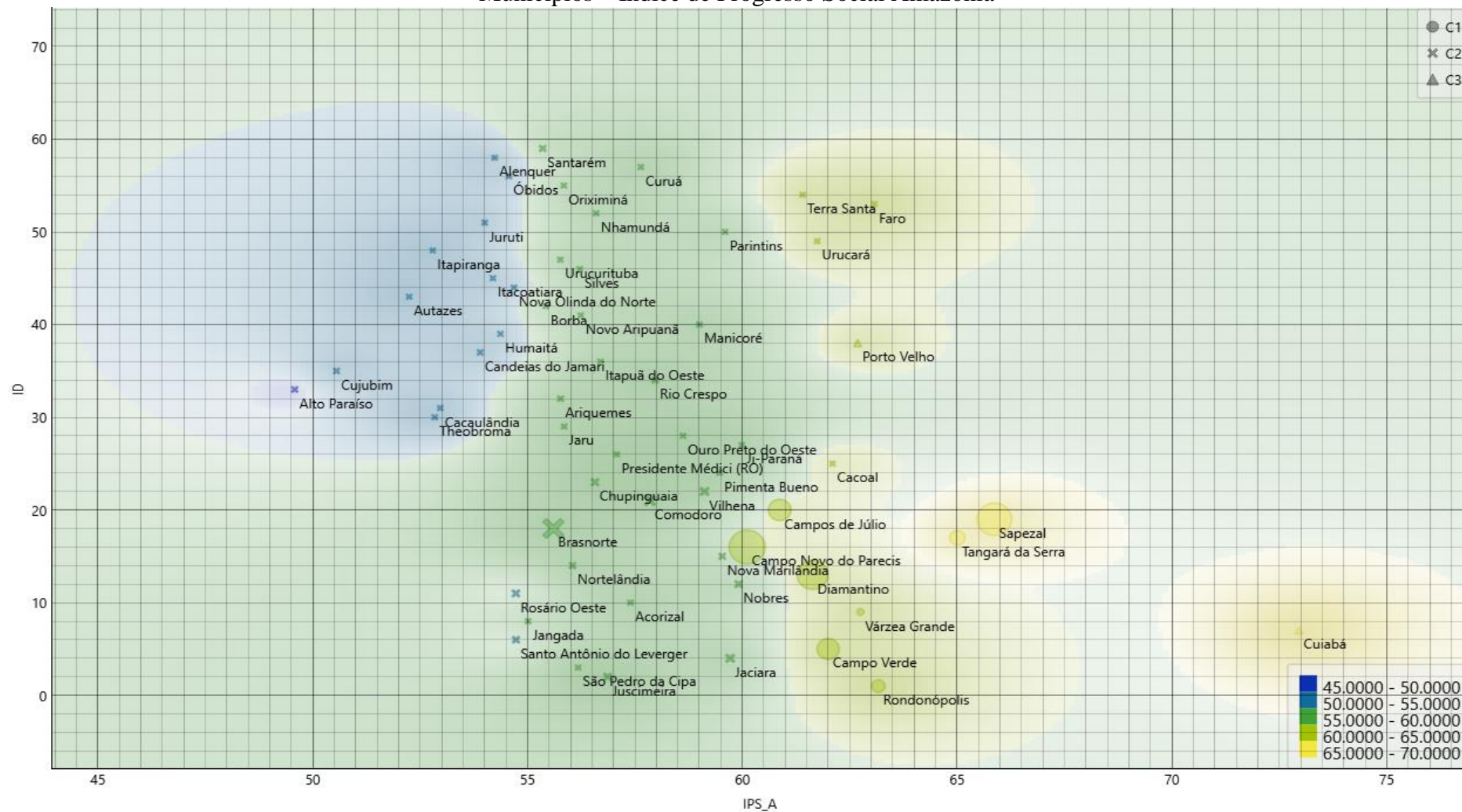
Fonte: extraído do software *Orange* pelo Autor (2025).

PC4 x PC5 – Trecho Fluvial x Trecho Rodoviário



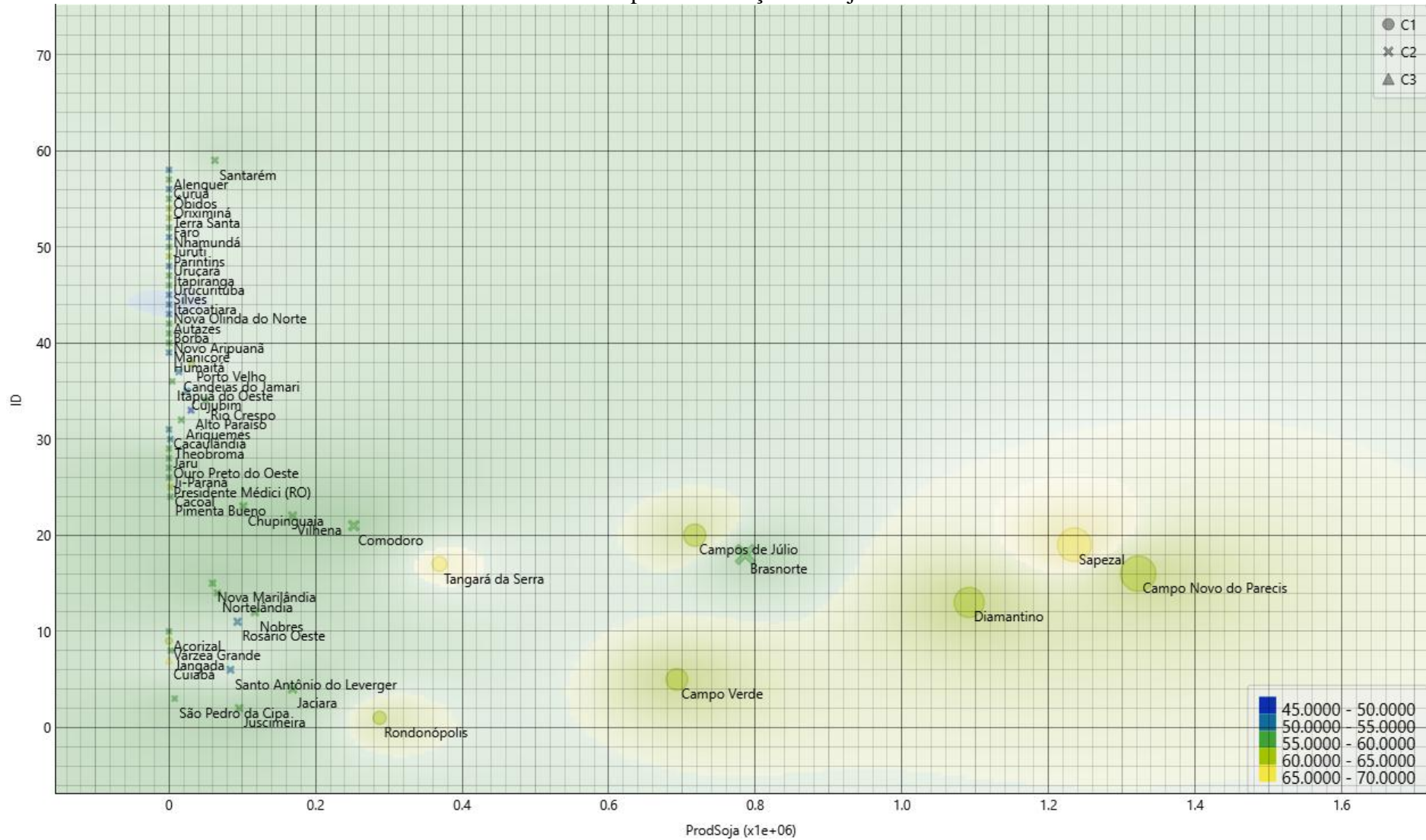
Fonte: extraído do software *Orange* pelo Autor (2025).

Municípios – Índice de Progresso Social Amazônia



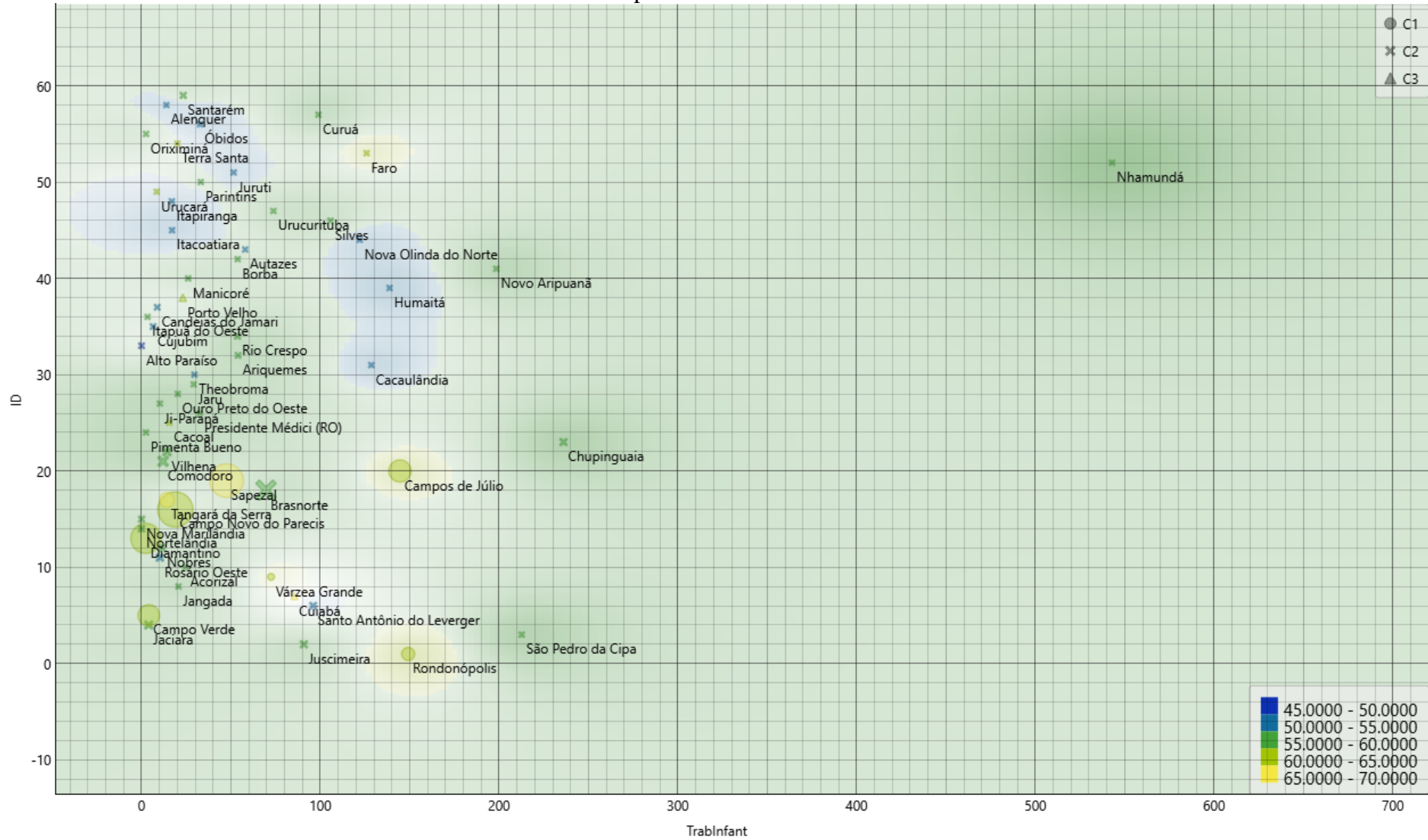
Fonte: extraído do software Orange pelo Autor (2025).

Municípios – Produção de Soja



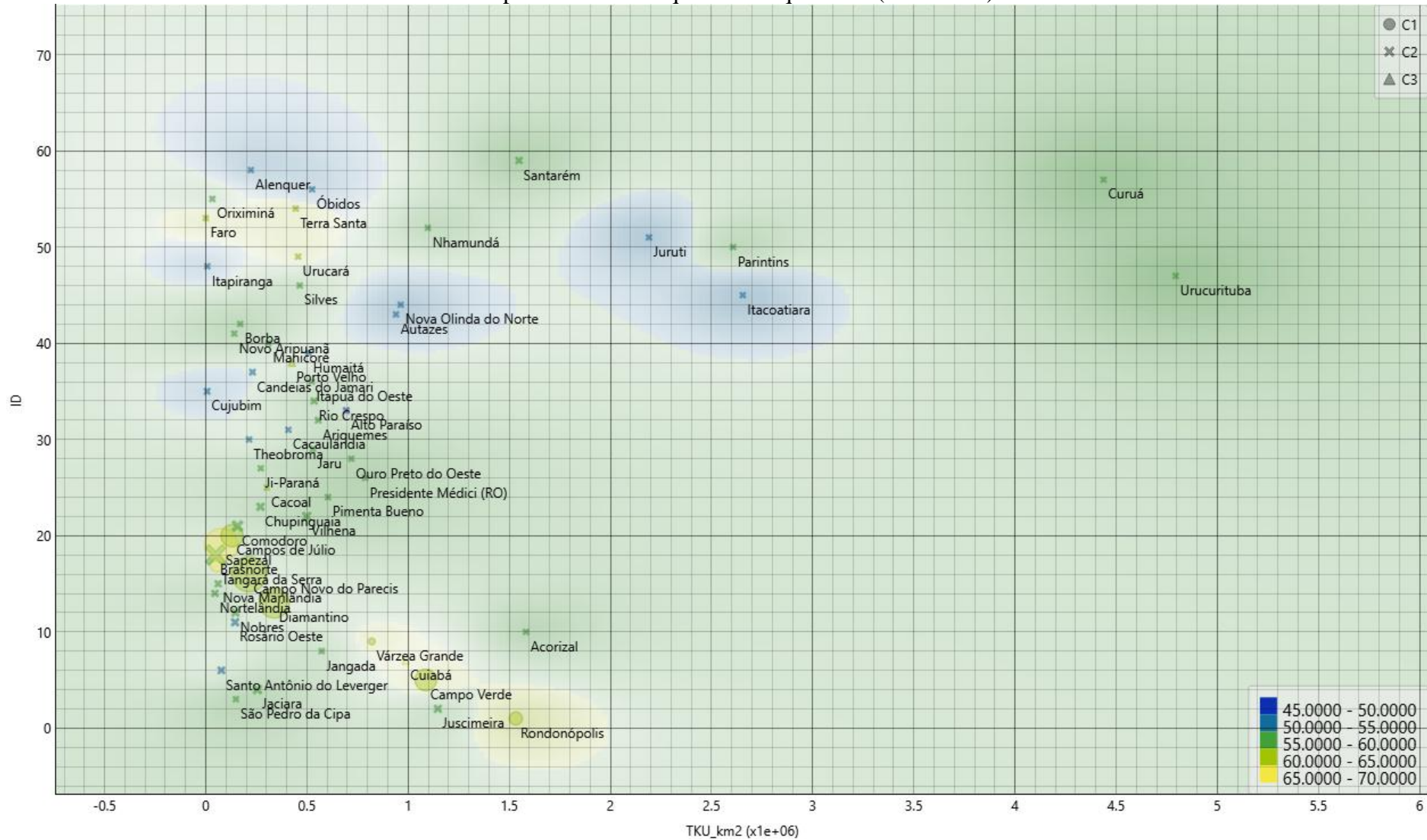
Fonte: extraído do software *Orange* pelo Autor (2025).

Municípios – Trabalho Infantil



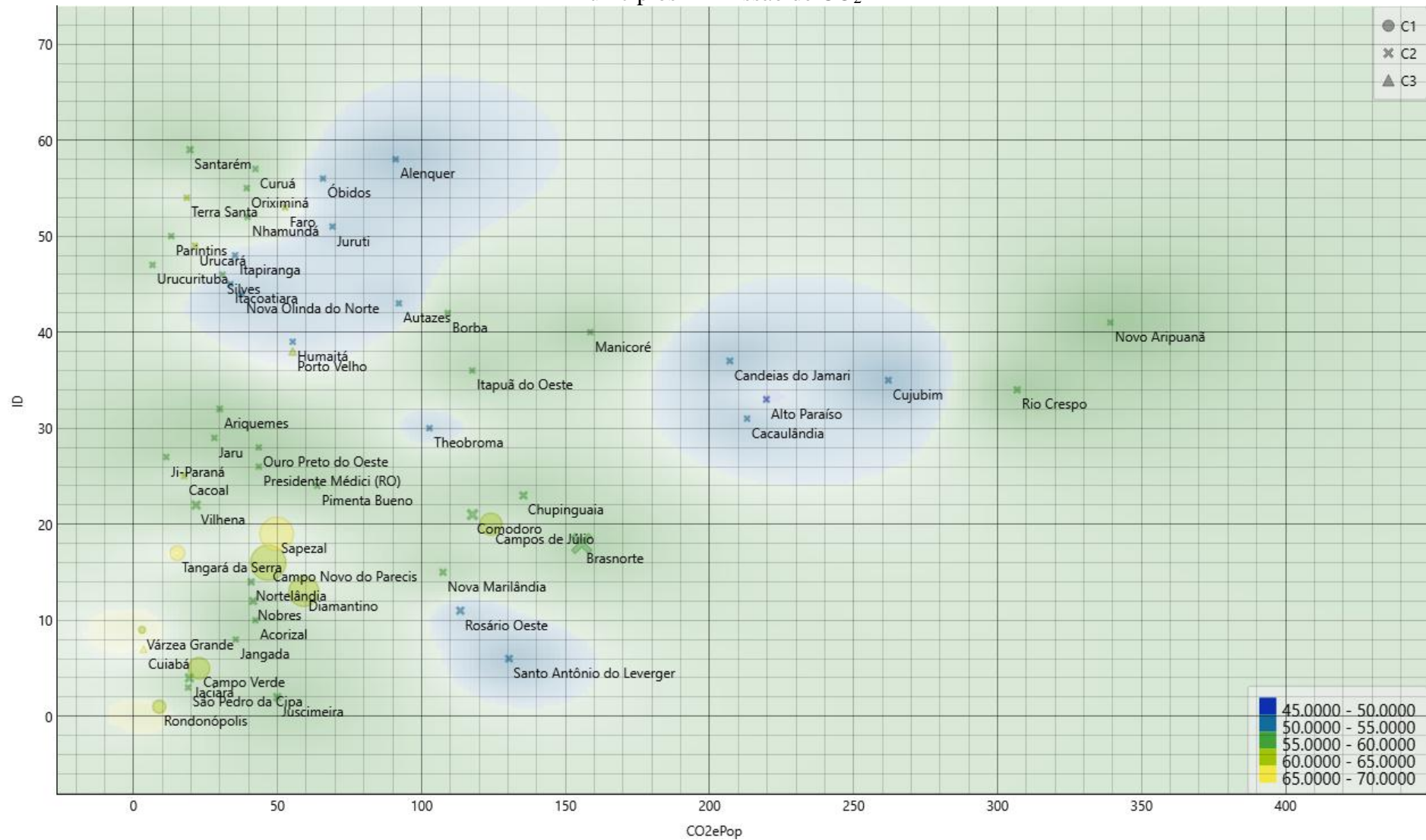
Fonte: extraído do software *Orange* pelo Autor (2025).

Municípios – Tonelada-quilômetro quadrado (TKU/Km²)



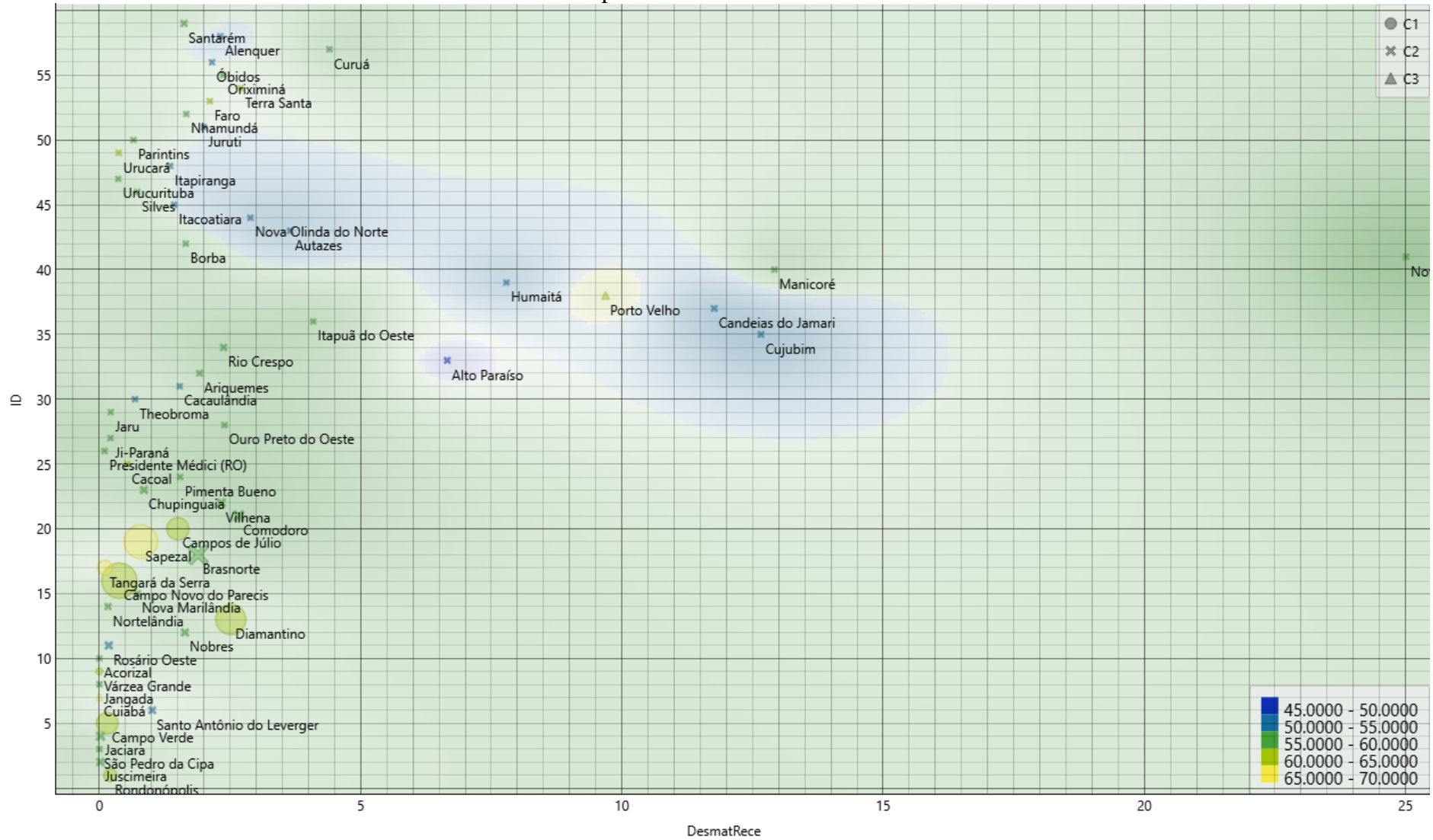
Fonte: extraído do software *Orange* pelo Autor (2025).

Municípios – Emissão de CO₂



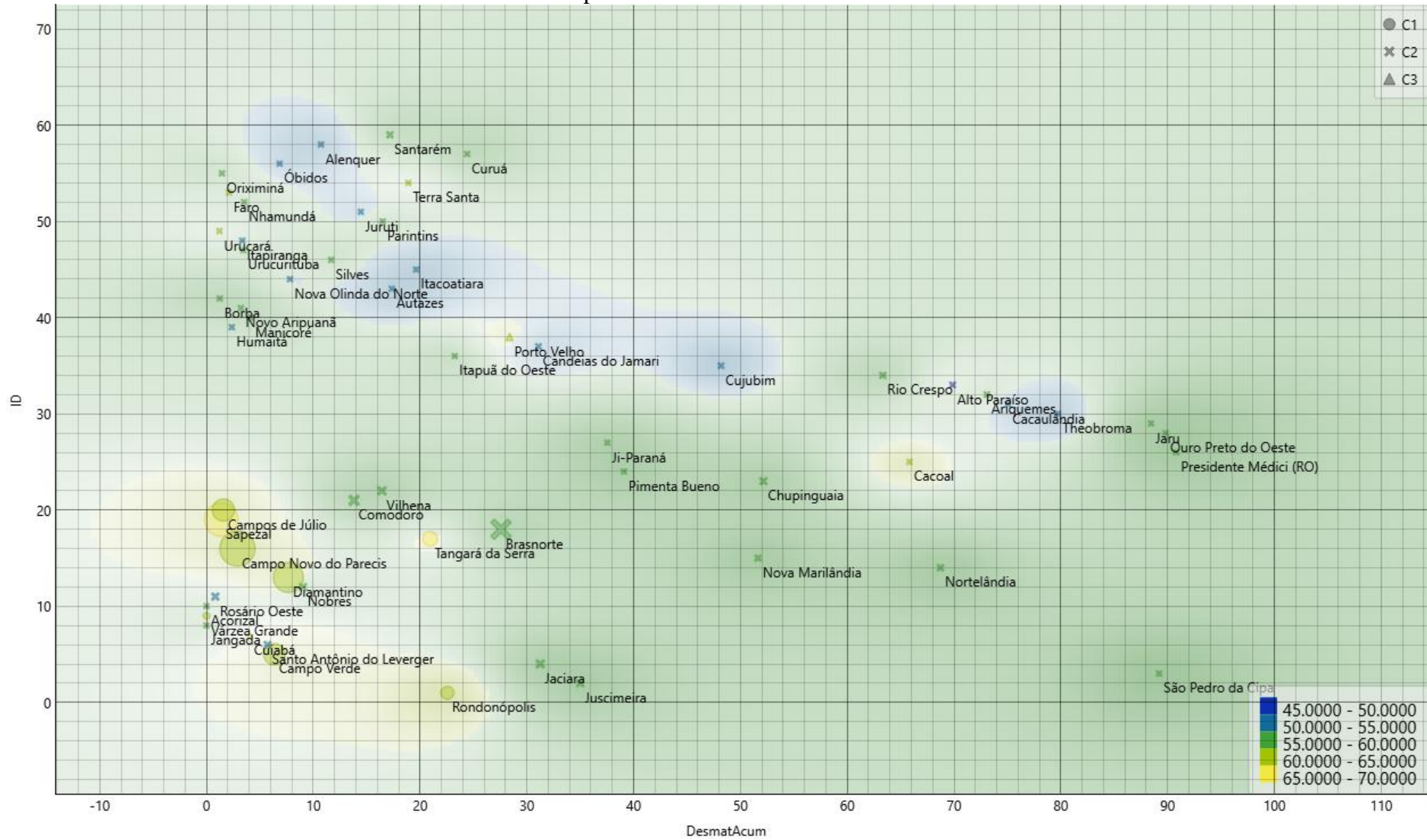
Fonte: extraído do software *Orange* pelo Autor (2025).

Municípios – Desmatamento Recente



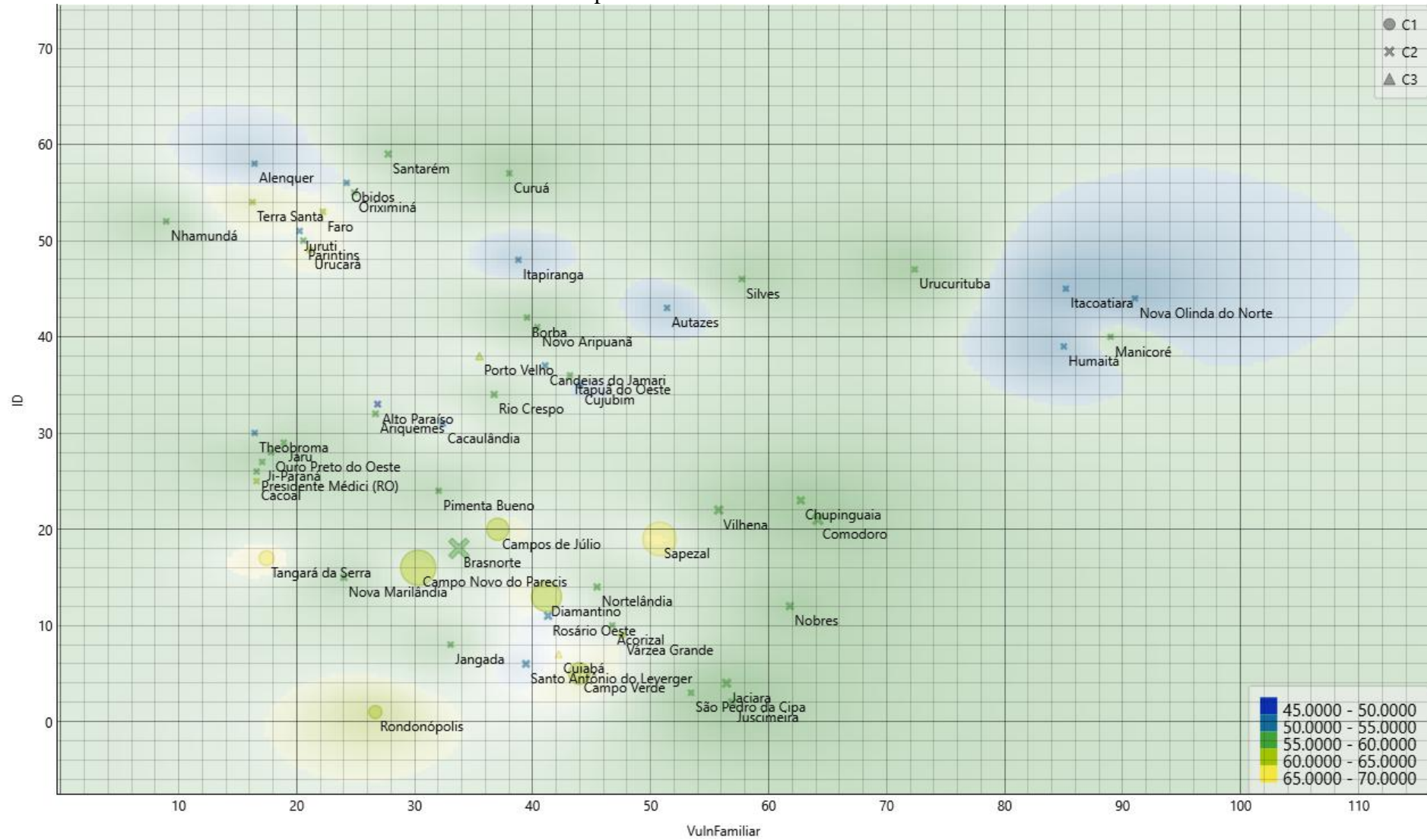
Fonte: extraído do software Orange pelo Autor (2025).

Municípios – Desmatamento Acumulado



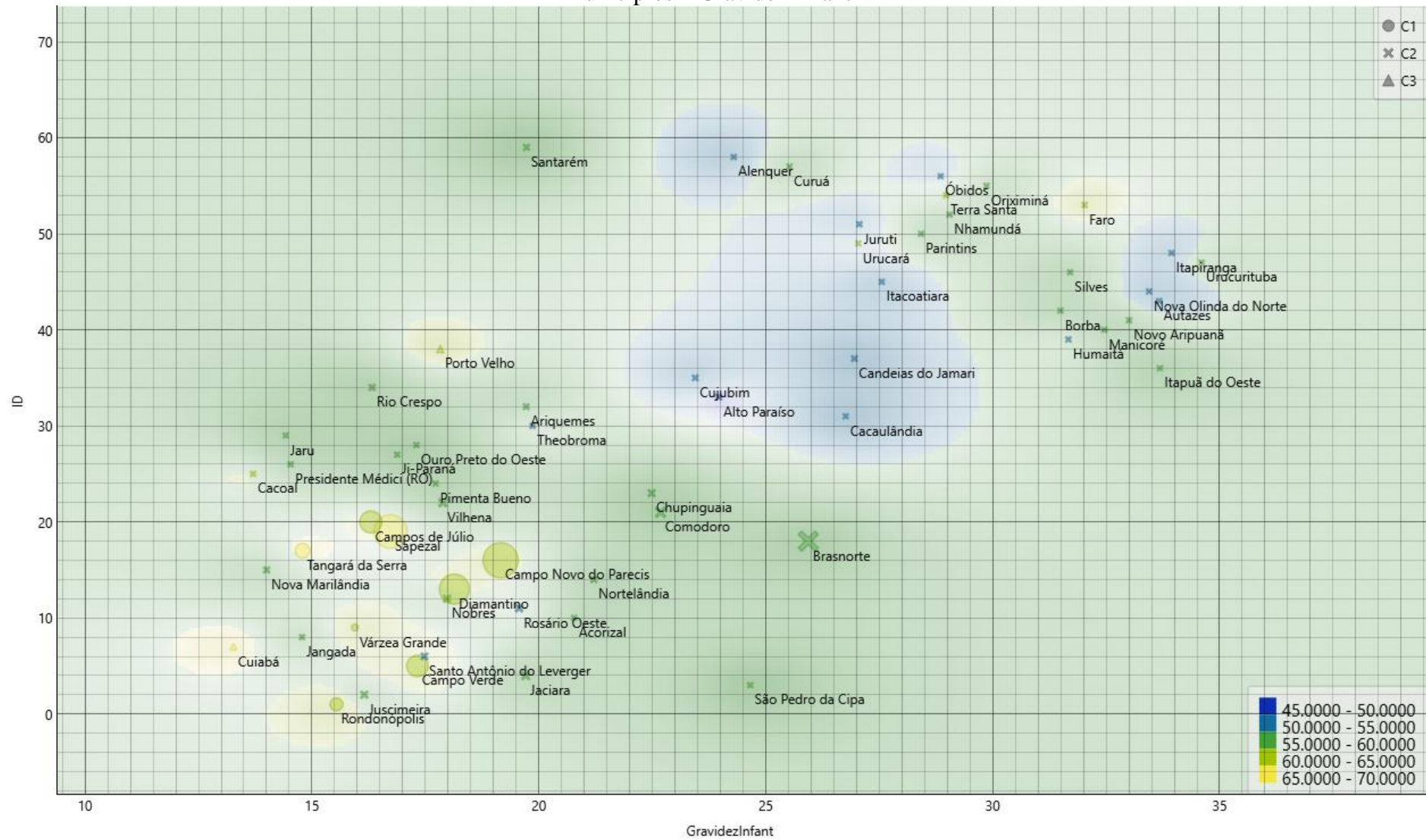
Fonte: extraído do software *Orange* pelo Autor, (2025).

Municípios – Vulnerabilidade Familiar



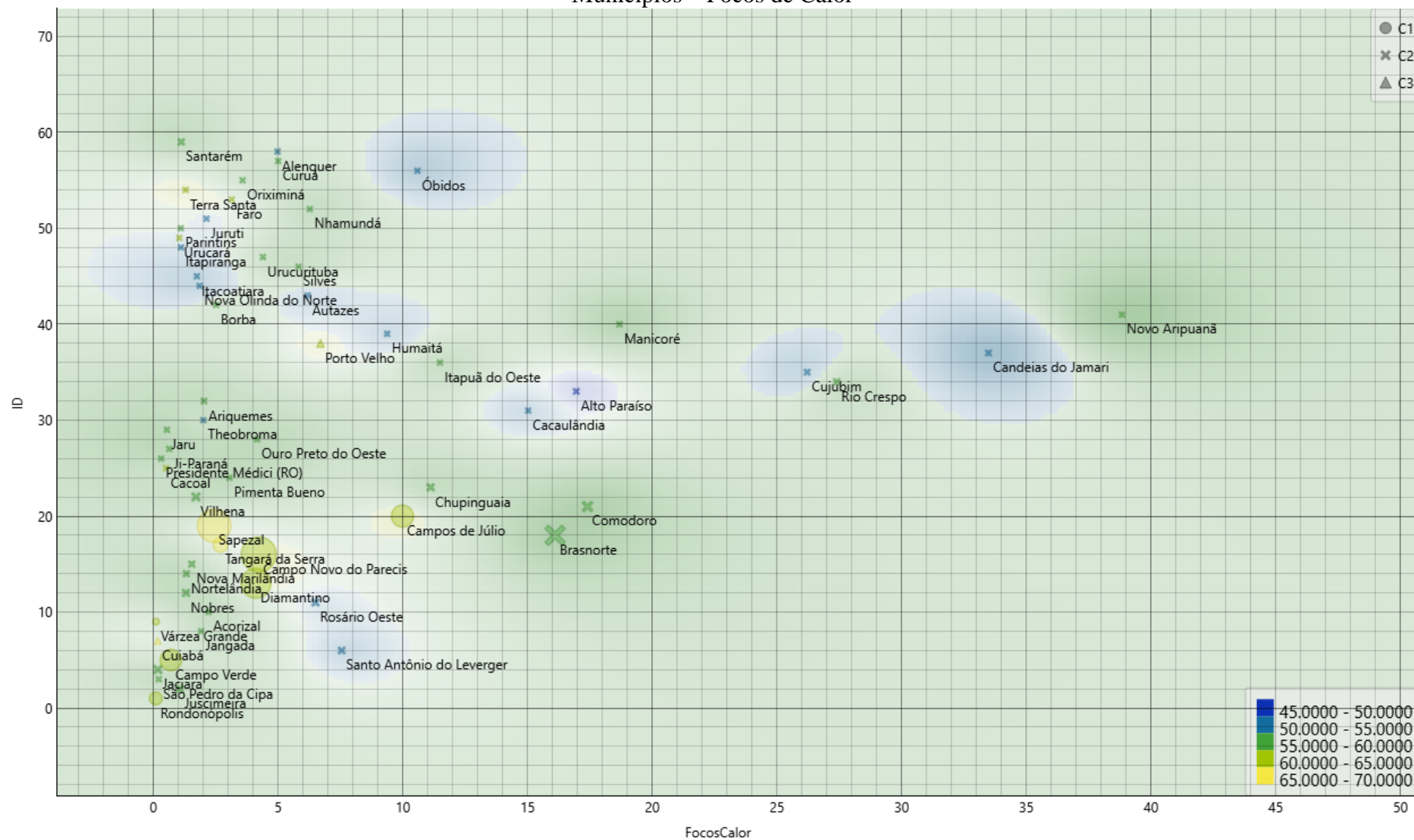
Fonte: extraído do software Orange pelo Autor (2025).

Municípios – Gravidez Infantil



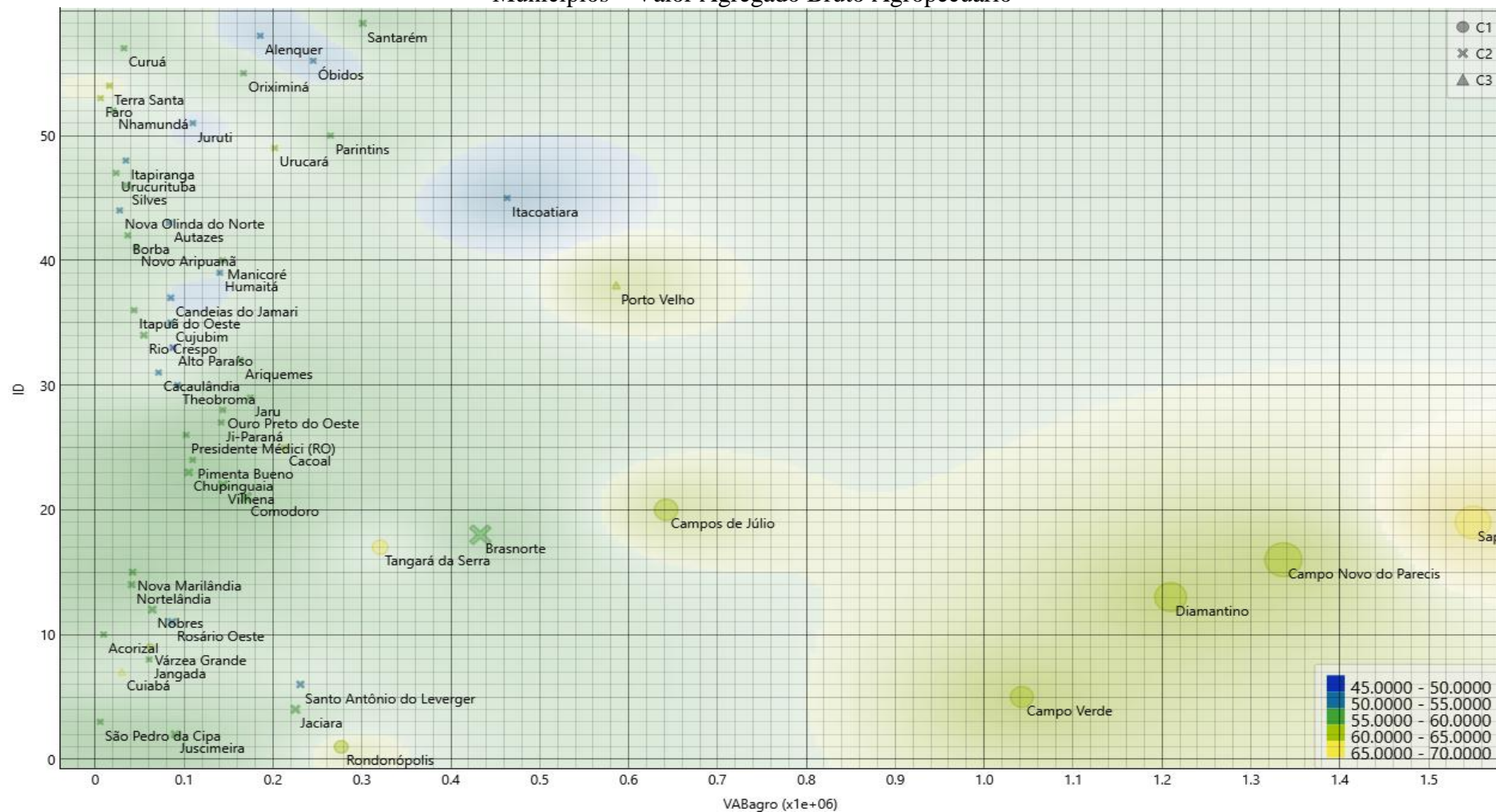
Fonte: extraído do software *Orange* pelo Autor (2025).

Municípios – Focos de Calor



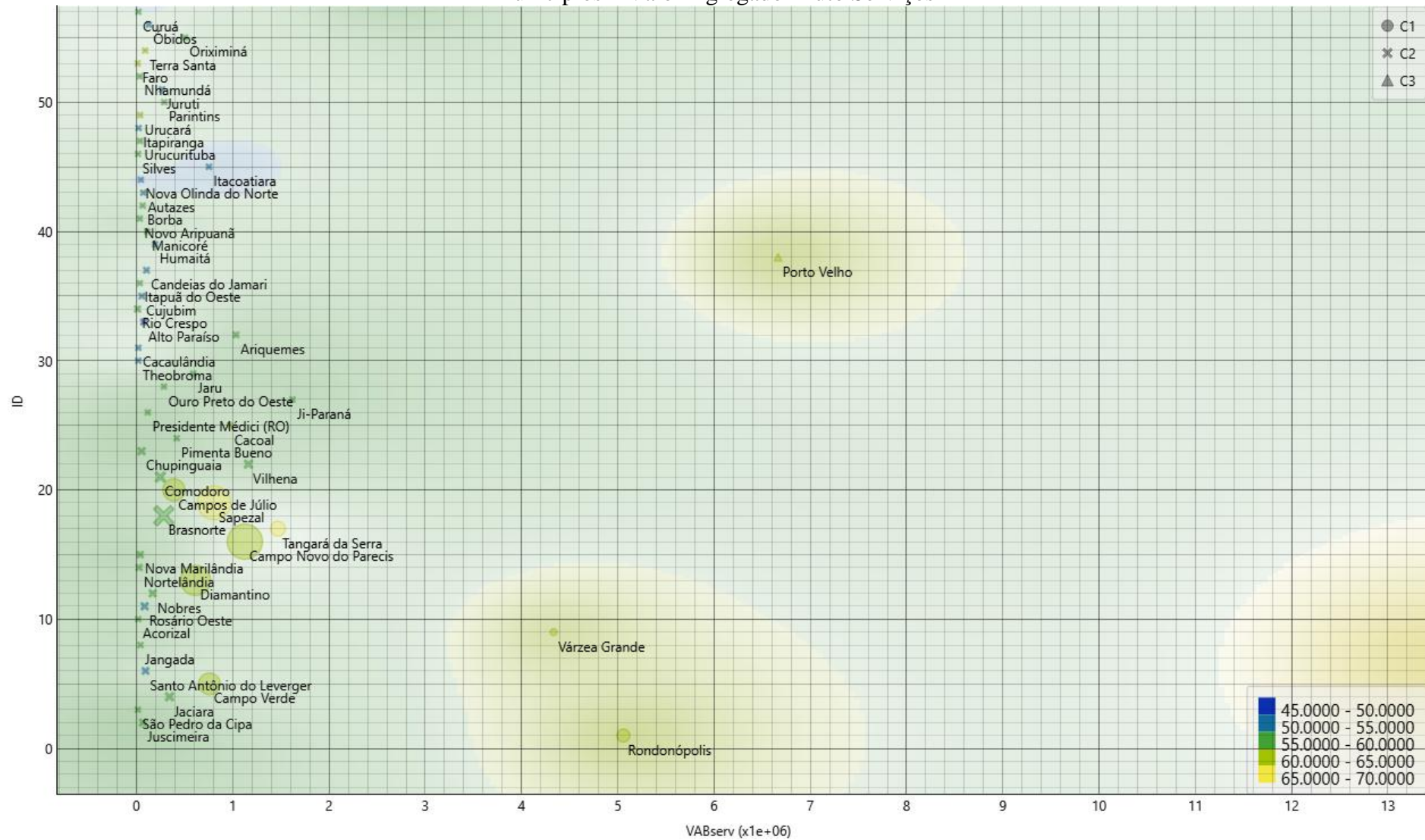
Fonte: extraído do software *Orange* pelo Autor (2025).

Municípios – Valor Agregado Bruto Agropecuário



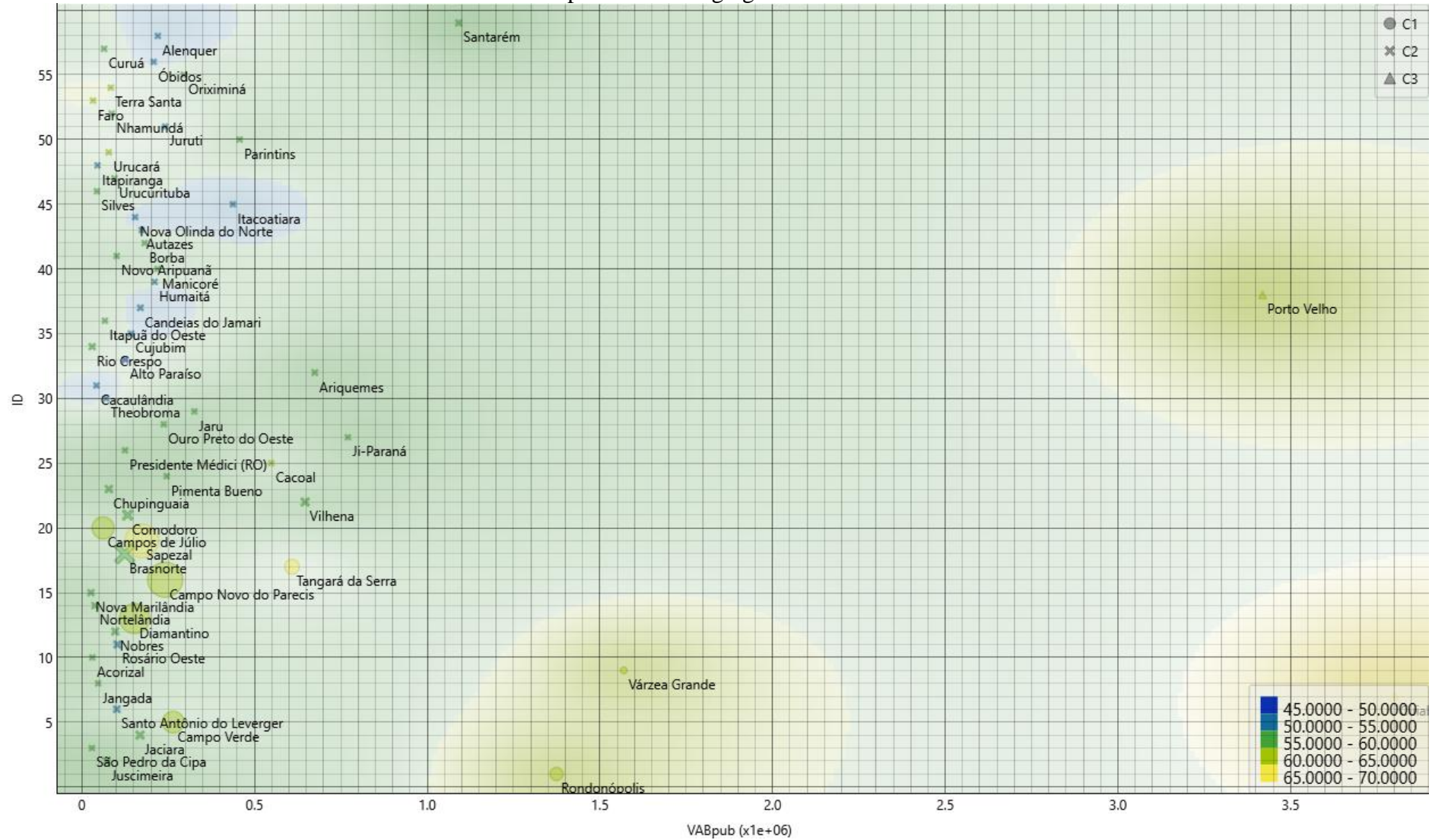
Fonte: extraído do software *Orange* pelo Autor (2025).

Municípios – Valor Agregado Bruto Serviços



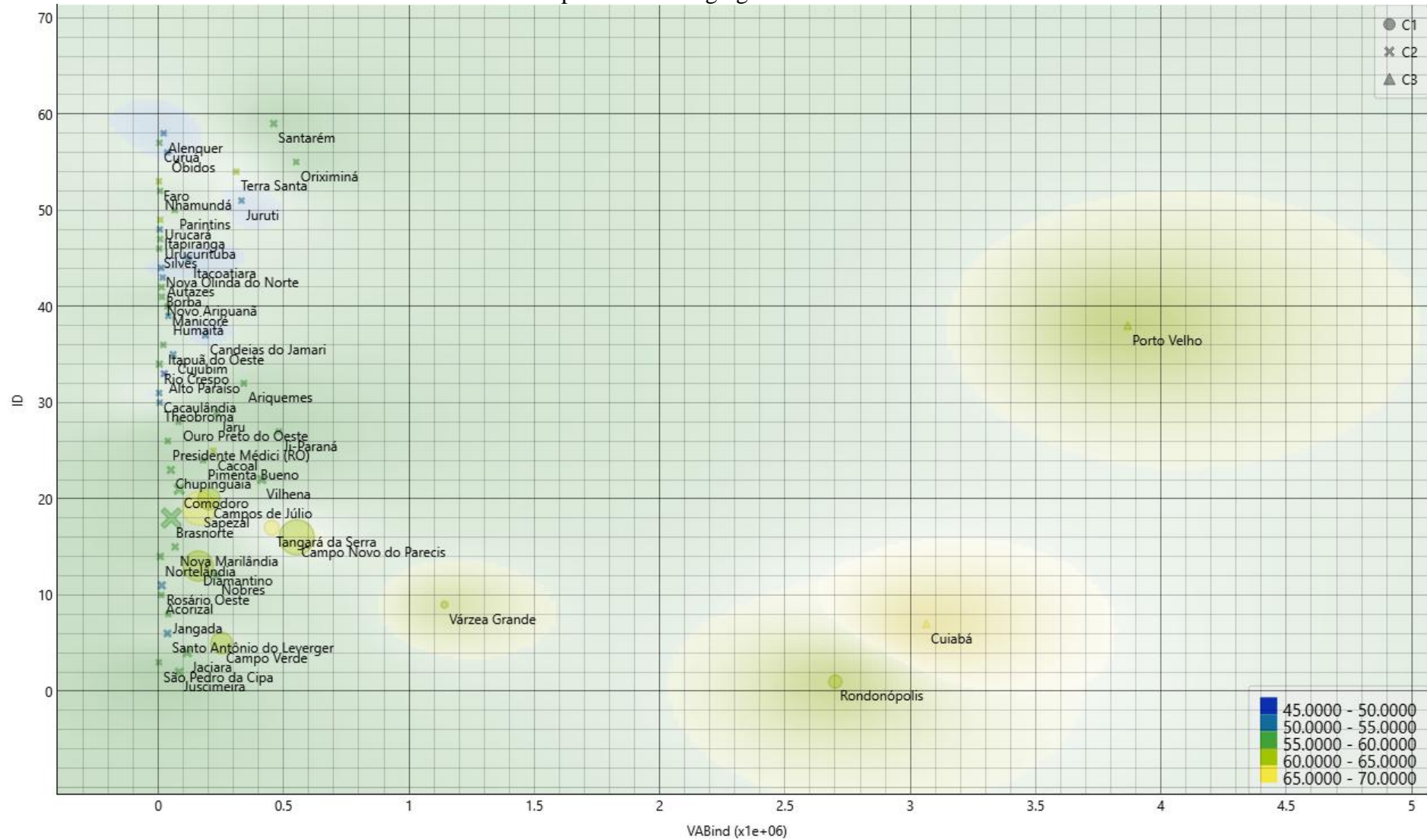
Fonte: extraído do software *Orange* pelo Autor (2025).

Municípios – Valor Agregado Bruto Público



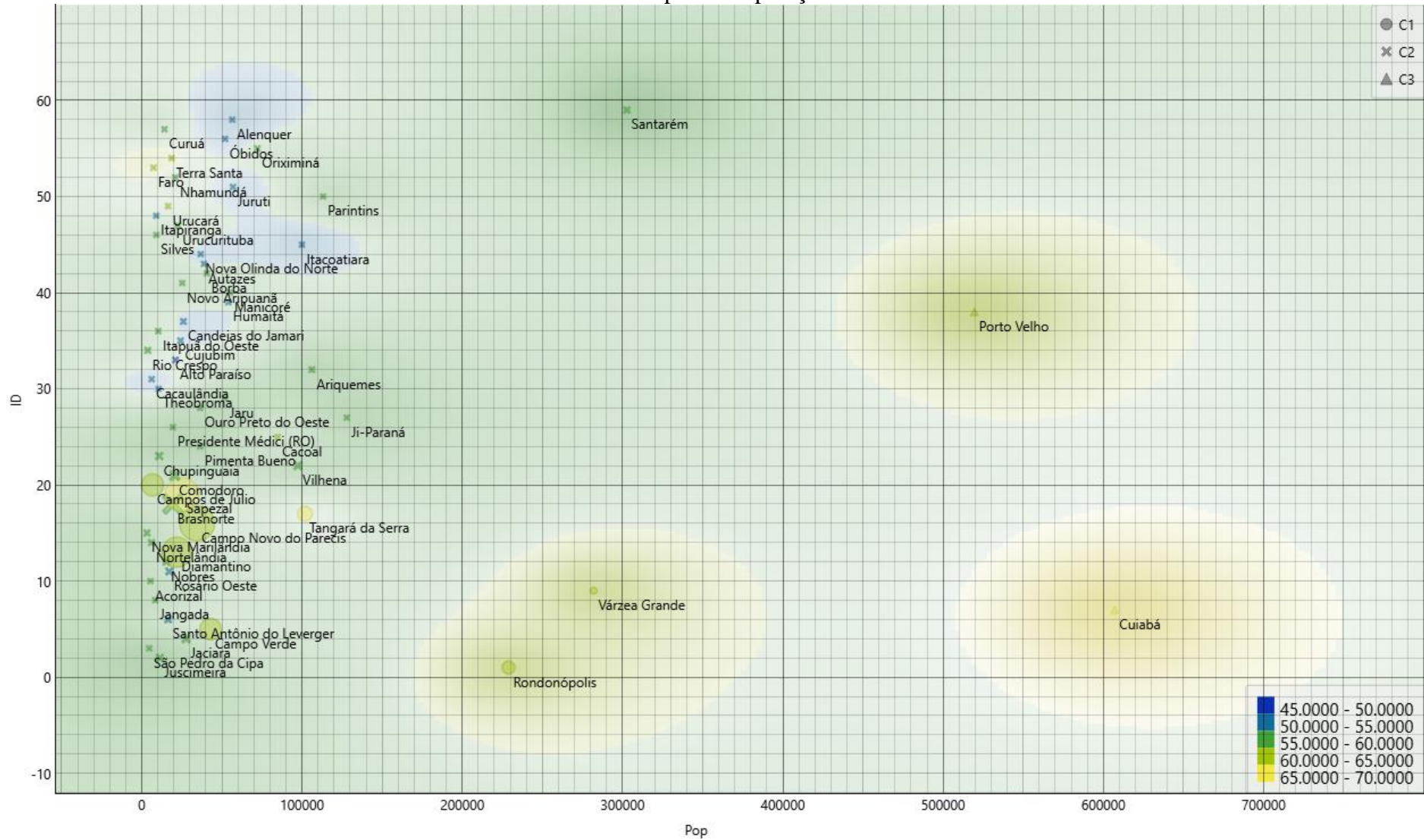
Fonte: extraído do software *Orange* pelo Autor (2025).

Municípios – Valor Agregado Bruto Indústria



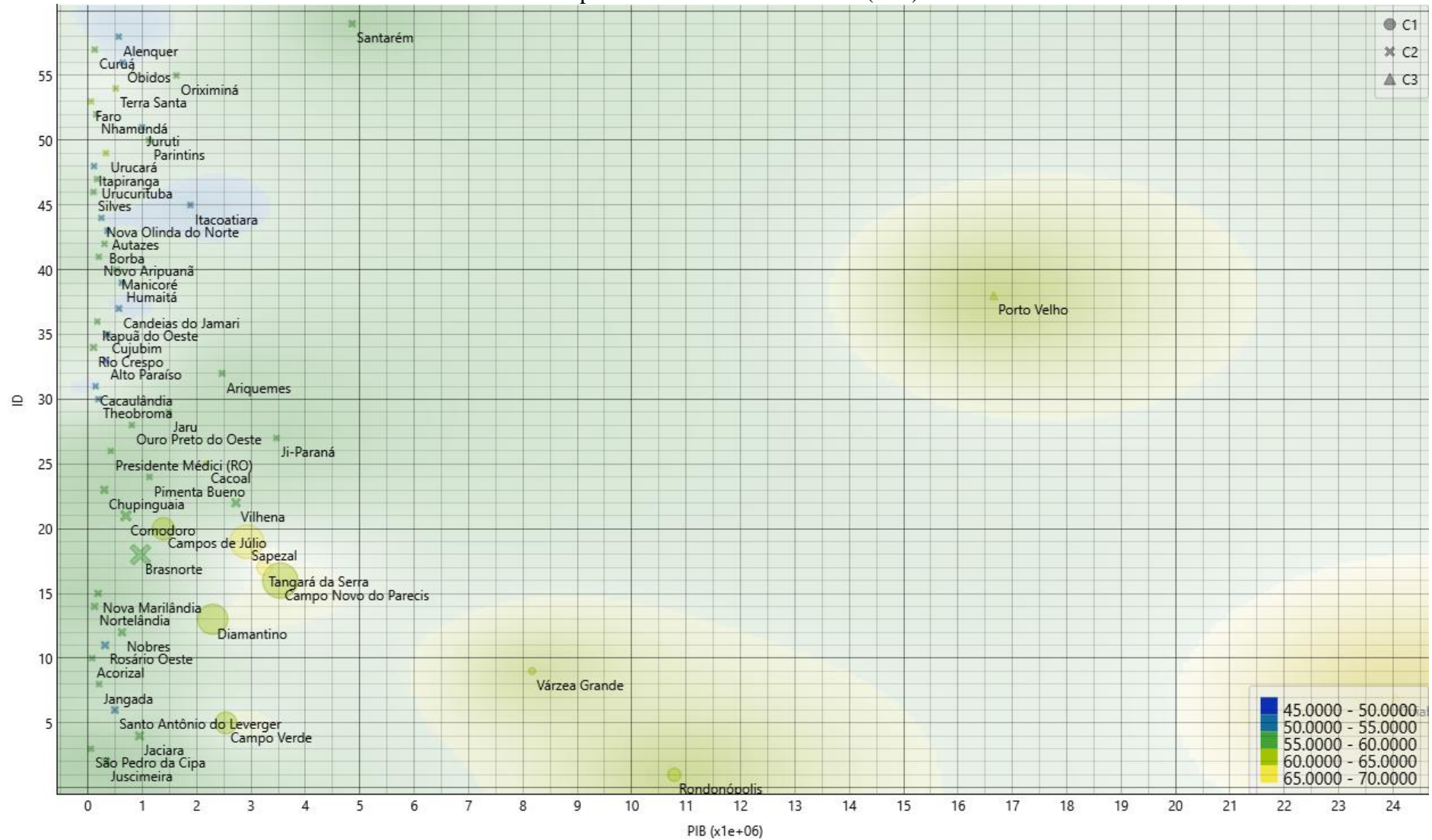
Fonte: extraído do software *Orange* pelo Autor (2025).

Municípios – População



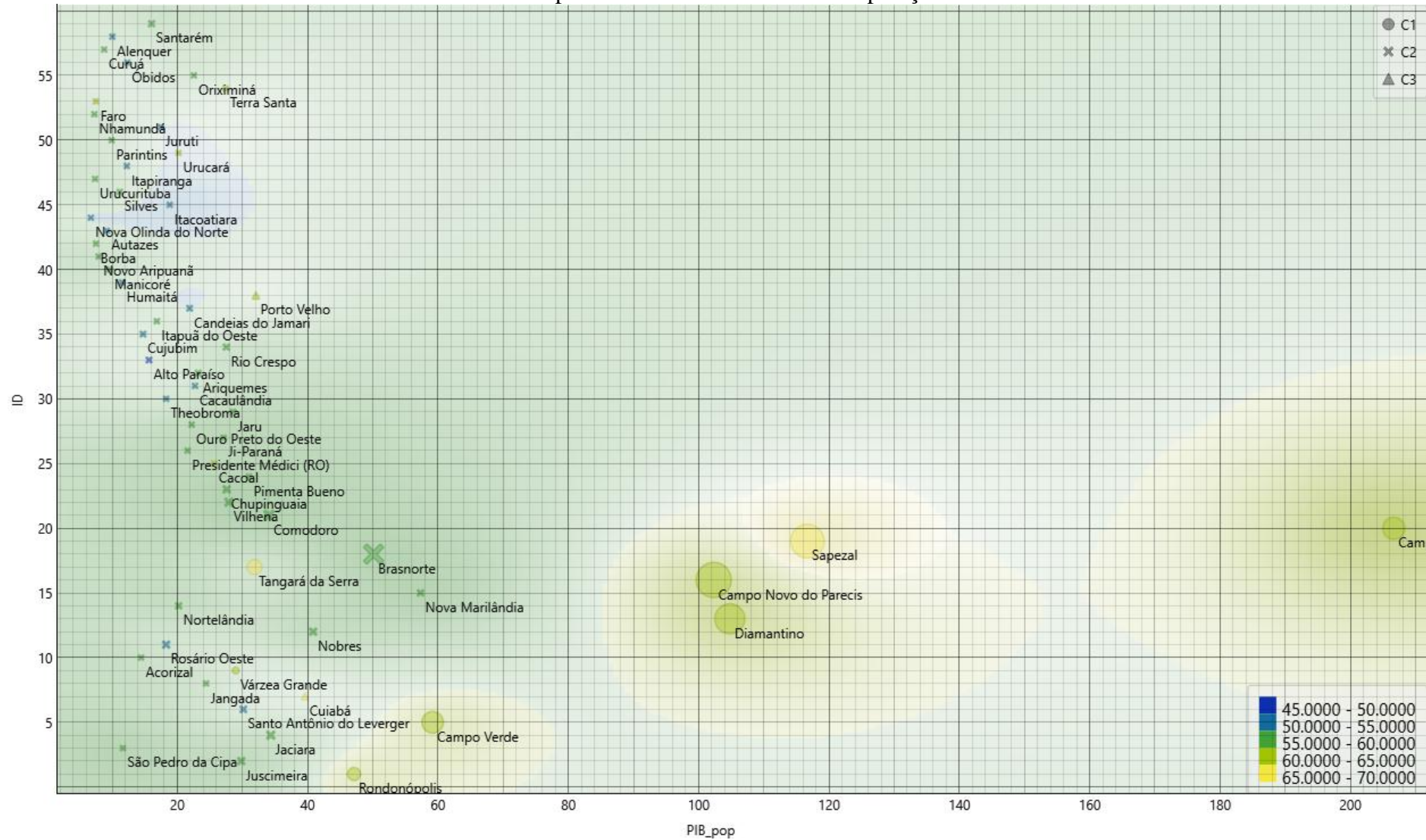
Fonte: extraído do software *Orange* pelo Autor (2025).

Municípios – Produto Interno Bruto (PIB)



Fonte: extraído do software *Orange* pelo Autor (2025).

Municípios – Produto Interno Bruto/População



Fonte: extraído do software *Orange* pelo Autor (2025).