



ROTAS RODOVIÁRIAS DE PRODUTOS AGROPECUÁRIOS ENTRE REGIÕES PRODUTORAS E MAIORES CENTROS CONSUMIDORES NO BRASIL

Maria Eduarda Silva de **Oliveira**¹; Rafael **Mingoti**²;
Gustavo Spadotti Amaral **Castro**³; Marlon Fernandes de **Souza**⁴

Nº 25504

RESUMO – A competitividade logística no território brasileiro é diretamente influenciada pela eficiência do transporte rodoviário, especialmente no deslocamento de produtos agropecuários das regiões produtoras até os grandes centros consumidores. A complexidade da malha rodoviária, aliada às desigualdades regionais em infraestrutura, impacta significativamente os custos de distribuição e o tempo de escoamento. Com o objetivo de mapear e identificar as principais rotas rodoviárias utilizadas para o transporte de produtos agropecuários das regiões produtoras brasileiras com destino a nove capitais estaduais do país, este trabalho empregou técnicas de geoprocessamento e análise espacial sobre dados de fluxo de transporte rodoviário. Foram analisadas rotas recorrentes com base em origens associadas às regiões de maior produção agropecuária do país, considerando aspectos como distância e frequência de utilização de trechos rodoviários. As vias com maior intensidade de tráfego foram BR-040, BR-060 e BR-120, o que pode indicar a necessidade de ampliação da sua capacidade de transporte ou de melhorias em outras rotas, para diminuir a competição entre os trechos. O método mostrou-se adequado para a identificação de rotas de transporte rodoviário e intensidade de fluxo.

Palavras-chaves: análise espacial, gestão da cadeia logística, malha viária, transporte rodoviário.

1 Autora, Bolsista CNPq (PIBIC): Graduação em Engenharia Agrícola, Unicamp, Campinas-SP; maria.eduarda@colaborador.embrapa.br.

2 Orientador: Analista da Embrapa Territorial, Campinas-SP; rafael.mingoti@embrapa.br.

3 Colaborador: Analista da Embrapa Territorial, Campinas-SP; gustavo.castro@embrapa.br.

4 Colaborador: Pesquisador Pós-doc no NIPE, Unicamp, Campinas-SP; marlonf@unicamp.br.

ABSTRACT – *Logistical competitiveness in Brazil is directly influenced by the efficiency of road transportation, especially when moving agricultural goods from production regions to major consumer centers. The complexity of the road network, combined with regional disparities in infrastructure, significantly impacts distribution costs and transit time. This study aims to map and identify the main road routes used for transporting agricultural products from Brazilian production regions to nine state capitals across the country. Geoprocessing and spatial analysis techniques were employed on road transport flow data. Recurring routes were analyzed based on origins associated with the country's most significant agricultural production areas, considering factors such as distance and frequency of road usage. The roads with the highest traffic intensity were BR-040, BR-060, and BR-120, which may indicate the need to expand their transport capacity or improve alternative routes, in order to reduce competition between segments. The method proved effective in identifying road transport routes, and enables spatial analysis of road traffic flows.*

Keywords: *road transport, agricultural logistics, road network, spatial analysis.*

1. INTRODUÇÃO

O transporte rodoviário desempenha um papel crucial na economia brasileira, e é responsável por cerca de 65% do volume total de mercadorias transportadas no país (Sindicato das Empresas de Transportes de Carga de São Paulo e Região, 2022). Essa predominância, embora essencial para o escoamento da produção e o abastecimento do mercado consumidor, também expõe vulnerabilidades significativas, como a dependência excessiva de rodovias e os altos custos logísticos associados ao transporte de cargas (Tiller; Thill, 2017; Souza et al., 2023). A análise da dinâmica dos fluxos rodoviários de produtos agropecuários é, portanto, fundamental não apenas para compreender a organização espacial da produção e a circulação de bens, mas também para identificar gargalos estruturais que comprometem a eficiência do sistema de transportes e o desenvolvimento econômico sustentável.

A configuração atual da malha rodoviária brasileira tem origem no período do governo de Juscelino Kubitschek (1956–1961), quando houve forte incentivo à expansão de rodovias, em detrimento dos modais ferroviário e hidroviário. Essa opção consolidou uma matriz de transporte centrada nas rodovias, que, embora tenha facilitado a integração nacional, gerou uma infraestrutura logística concentrada, desigual e muitas vezes ineficiente. Atualmente, o Brasil conta com aproximadamente 1,7 milhão de quilômetros de rodovias, mas apenas cerca de 12% estão pavimentadas (Confederação Nacional do Transporte, 2023), o que evidencia a precariedade estrutural e os desafios de conectividade e manutenção.

As regiões Centro-Oeste, Sul e Sudeste concentram grande parte da produção agropecuária e industrial do país, e seu escoamento depende fortemente de rotas rodoviárias que conectam essas áreas a importantes capitais estaduais, que funcionam como nós logísticos e centros de redistribuição. Nesse contexto, compreender como essas rotas se organizam espacialmente, quais trechos apresentam maior frequência de utilização e onde se concentram os gargalos é fundamental para o planejamento de intervenções públicas e privadas que aumentem a fluidez e a segurança no transporte de produtos agropecuários.

Apesar dos investimentos pontuais em infraestrutura logística e da expansão de modais alternativos, como o ferroviário e o hidroviário, o transporte rodoviário segue sendo o mais utilizado para curtas e médias distâncias e, muitas vezes, o único disponível em determinadas regiões. A ausência de integração entre modais e a limitada capacidade de armazenamento e transbordo também agravam o quadro de ineficiência, elevando custos e impactando a competitividade dos produtos brasileiros no mercado interno e externo. A condição e qualidade da infraestrutura de transporte estão relacionadas às decisões sobre onde localizar a produção e como produzir (Vickerman; Monnet, 2003).

Dessa forma, este estudo visa, a partir de técnicas de geoprocessamento e análise espacial, mapear, identificar e qualificar a intensidade de fluxo das principais rotas rodoviárias utilizadas para o transporte de produtos agropecuários das regiões produtoras brasileiras com destino a nove capitais estaduais do país. Pretende-se, assim, contribuir com novos métodos para melhor compreensão da organização territorial dos fluxos logísticos e fornecer subsídios para o desenvolvimento de políticas públicas e estratégias do setor produtivo voltadas à melhoria da infraestrutura rodoviária e à redução de custos logísticos no Brasil.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Os dados utilizados foram: direções de fluxo de origem (produção) e destino (consumo) de produtos agropecuários brasileiros (IBGE, 2020); população municipal em 2022 (IBGE, 2022a); malha municipal e estadual do Brasil (IBGE, 2022b); produção agrícola e pecuária por município (IBGE, 2023a; IBGE, 2023b; IBGE, 2017); intensidade de tráfego de cargas por modal rodoviário (Empresa de Planejamento e Logística, 2021).

O método adotado neste trabalho, apresentado de forma simplificada na Figura 1, tem início a partir da base de dados do Atlas do Espaço Rural Brasileiro (IBGE, 2020) da qual foram selecionados 19 produtos agropecuários: algodão, arroz, banana, café, cana-de-açúcar, feijão, produtos provenientes da horticultura, laranja, madeira de silvicultura, mandioca, milho, soja, uva, bovinos, peixes e outras espécies aquícolas, leite, galináceos, ovos e suínos.

Os destinos dos produtos agropecuários foram selecionados segundo os critérios: serem capitais de unidades da Federação do Brasil com maior número de habitantes segundo o Censo Demográfico (IBGE, 2022a) e serem abastecidas principalmente por tráfego rodoviário. Dessa forma, os destinos do transporte dos produtos agropecuários foram: São Paulo/SP, Rio de Janeiro/RJ, Brasília/DF, Fortaleza/CE, Salvador/BA, Belo Horizonte/MG, Curitiba/PR, Recife/PE e Goiânia/GO.

Para identificar as origens dos produtos, foram utilizados os municípios indicados no Atlas do Espaço Rural Brasileiro (IBGE, 2020). Quando havia mais que três municípios de origem em cada produto para cada destino, foram escolhidos os municípios com maior quantidade exportada para o destino (IBGE, 2017; 2023a; 2023b).

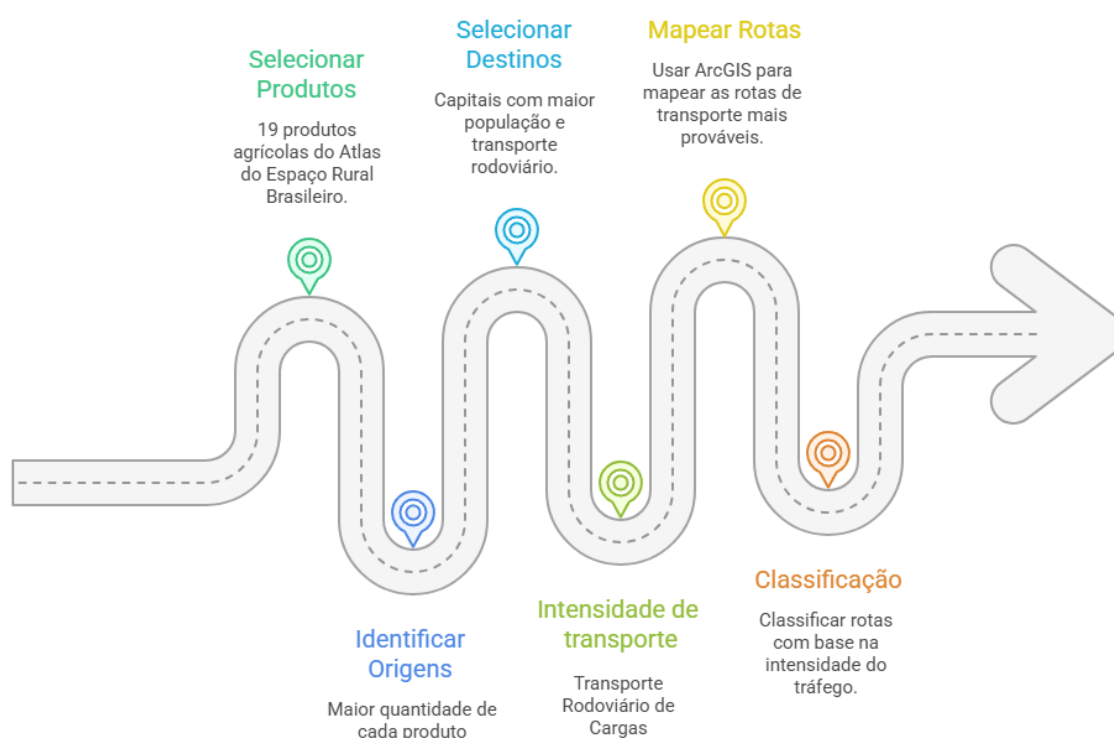


Figura 1. Fluxograma simplificado do método adotado.

As principais rotas rodoviárias foram obtidas a partir dos dados de transporte rodoviário de cargas e passageiros (Empresa de Planejamento e Logística, 2021), os quais foram convertidos de formato tabular para formato vetorial e transformados para o sistema de projeção cônica equivalente de Albers e o sistema de referência SIRGAS 2000 (IBGE, 2019).

Para identificar as principais rotas para transporte rodoviário dos produtos selecionados a partir dos dados de transporte rodoviário de cargas e passageiros (Empresa de Planejamento e Logística, 2021), foram adotados os correspondentes apenas para as cargas containerizadas, pois, segundo a Empresa de Planejamento e Logística (EPL), essa é a categoria que melhor representa

o transporte dos produtos agropecuários estudados neste trabalho. Em seguida, foi feita a classificação de quantidade transportada (t/ano) em “quartéis”(Garagorry et al., 2008; Garagorry; Farias, 2021), nas classes alta (Q4), média (Q3), baixa (Q2) e muito baixa (Q1), para as quais foram atribuídos, respectivamente, os valores 10, 7, 4 e 1.

A partir dos locais de origem e destino e das principais rotas para transporte rodoviário, por meio do software ArcGIS 10.8.2 e das funções “Cost Distance” e “Cost Path as Polyline” foram obtidas as rotas de transporte mais prováveis de cada um dos produtos selecionados.

As linhas referentes a prováveis rotas de transporte obtidas foram convertidas para *raster*, com 1.000 m de resolução espacial, considerando sistema de projeção de Albers (IBGE, 2019) e o sistema de referência SIRGAS 2000, nos quais os pixels coincidentes com cada rota foram classificados como de valor 1 e os demais pixels, como de valor 0. Por fim, foram somados todos os pixels de valor 1 em todos os *rasters*, ou seja, de todos os pixels onde houve rotas, os quais foram classificados em função da intensidade de tráfego, considerando a classificação de Jenks e Caspall (1971).

Os processamentos foram feitos no software ESRI ArcGIS v.10.8.2 adotando o sistema de referência SIRGAS 2000 e o sistema de projeção cônica equivalente de Albers (IBGE, 2019).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A intensidade de tráfego estimada para as principais rotas origem–destino dos produtos estudados é apresentada na Figura 2. A predominância das intensidades de tráfego “muito alto” e “alto” nas regiões Sudeste e Centro-Oeste reflete a centralidade dessas regiões na produção e exportação de commodities como soja, milho e cana-de-açúcar, pois dentre os municípios de destino estudados neste trabalho estão São Paulo/SP, que é rota para muitas cargas com destino ao Porto de Santos, e Salvador/BA, onde está localizado o Porto de Salvador. Segundo a análise de regionalização portuária de Souza et al. (2023), Santos é o porto brasileiro com a maior área de influência terrestre. Resultados semelhantes foram apresentados anteriormente no estudo das bacias logísticas de Castro et al. (2015). Apesar da existência de ferrovias que se conectam ao referido porto, muitas cargas agrícolas ainda são transportadas para lá por caminhões, grande parte dos quais transita por São Paulo/SP, um dos destinos estudados neste trabalho.

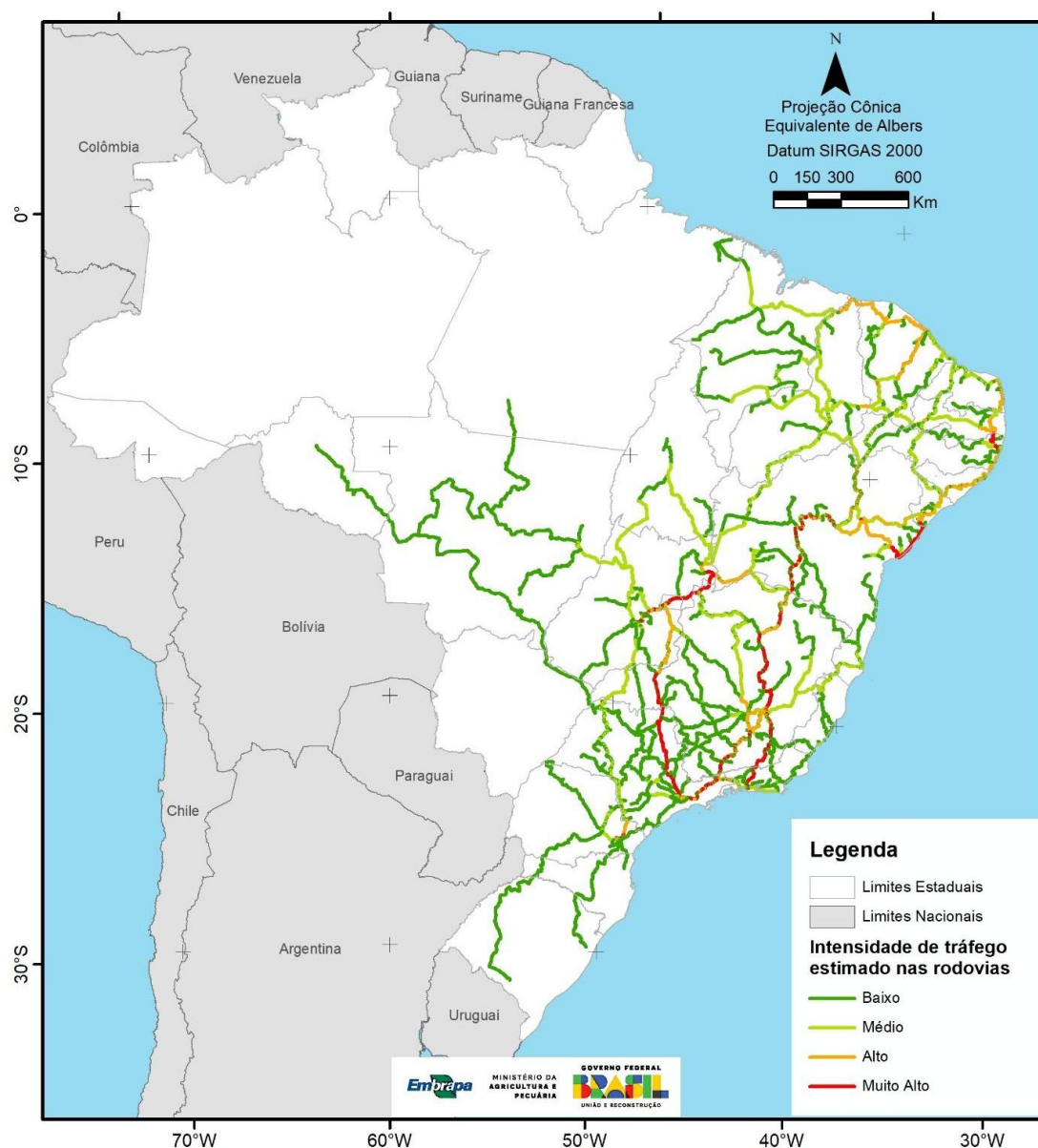


Figura 2. Intensidade de tráfego estimado nas principais rotas de transporte para as nove capitais estaduais estudadas (São Paulo/SP, Rio de Janeiro/RJ, Brasília/DF, Fortaleza/CE, Salvador/BA, Belo Horizonte/MG, Curitiba/PR, Recife/PE e Goiânia/GO) e para os produtos agropecuários algodão, arroz, banana, café, cana-de-açúcar, feijão, produtos da horticultura, laranja, madeira de silvicultura, mandioca, milho, soja, uva, peixes e outras espécies aquícolas, bovinos, leite, galináceos, ovos e suínos.

As áreas com intensidade de tráfego “baixo” e “médio” nos estados Rio Grande do Sul, Santa Catarina, Mato Grosso e na região Nordeste do Brasil indicam menor pressão logística, possivelmente decorrente de uma economia agrícola menos centralizada, com modais mais diversificados (ocorrência de ferrovias) ou menos produtiva. Ainda na região Nordeste, é observada maior concentração nas ligações entre as capitais Recife e Salvador, com destaque para trechos em vermelho que podem exigir melhorias para suportar o volume de cargas agropecuárias. No entanto, observa-se que outros fatores podem influenciar o fluxo entre essas capitais nordestinas, como possível origem ou produção em uma capital e exportação pela outra capital.

Alguns dos trechos com intensidade de tráfego “muito alta” no estado de Minas Gerais também contam com ferrovias, porém estas não são plenamente utilizadas para o transporte de carga. Incompatibilidade de bitola entre trechos ferroviários, questões de operação e relacionamento entre as partes envolvidas são alguns dos motivos para a subutilização (Souza et al., 2023). Todavia, a maior utilização do modal ferroviário no transporte de carga poderia contribuir para reduzir o tráfego rodoviário. Uma alternativa complementar ao transporte ferroviário para reduzir o tráfego de cargas agropecuárias por rodovias é a adoção de portos secos. Tais estruturas permitem o desembarço aduaneiro e a armazenagem em regiões distantes dos portos ou centros de consumo, e oferecem maior flexibilidade logística e redução de impactos negativos (Souza et al., 2020).

Com o objetivo de identificar as vias com maior tráfego, a partir da intensidade de tráfego estimado em cada trecho das vias de transporte, foi feita uma contagem do número de trechos, em cada UF, para cada classe de intensidade de tráfego. As vias que apresentaram ao menos um trecho na classe “muito alta” são apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1. Contagem de unidades da Federação por classe de intensidade de tráfego para as vias que tiveram ao menos um trecho classificado como de intensidade “muito alta”.

Código BR da via	Intensidade de tráfego			
	1 (muito alta)	2 (alta)	3 (média)	4 (baixa)
40	2	2	1	2
60	2	1	2	1
120	2	1		2
408	1			
116	1	7	2	5
101	1	4	1	3
251	1	3	1	1
383	1	2		2
20	1	1	1	2
50	1	1	1	1
259	1	1		
277	1	1		1
324	1	1		
476	1	1		1
30	1		1	
70	1			
110	1			
153	1		3	2
160	1			1
232	1			1
265	1			2
267	1			1
367	1			
420	1			1
450	1			
455	1			
464	1			1

A intensidade de tráfego acentuada tem impacto negativo na qualidade do pavimento, no fluxo de veículos e na manutenção da rodovia (Balaev et al., 2020). As vias BR-040, BR-060 e BR-120 apresentaram trechos de intensidade “muito alta” em: BR-040, em RJ e MG; BR-060, em GO e DF; e BR-120, em RJ e MG. Essas vias também são apontadas por Brasil (2025) e EPL (2021) como vias de alto fluxo de cargas e, portanto, necessitam de ampliação de suas capacidades de transporte.

4. CONCLUSÃO

O método apresentado possibilitou, por meio de geoprocessamento e do uso de bases oficiais, identificar trechos de transporte rodoviário, produzir uma análise espacial dos fluxos rodoviários e uma qualificação desses trechos de acordo com classes de intensidade de fluxo, gerando, dessa forma, informações sobre a dinâmica espacial da circulação de produtos agropecuários.

Para aumentar a representatividade da análise, são necessários estudos considerando todas as origens dos produtos agropecuários utilizados neste trabalho e de outros produtos agropecuários do Brasil, bem como utilizar um maior número de destinos para obter um resultado mais representativo do uso rodoviário pelos produtos agropecuários no Brasil.

O aprimoramento do método pode ser efetuado tanto por meio da adoção de resolução espacial mais detalhada quanto por meio da utilização de vetores, ao invés de *rasters*, permitindo, assim, quantificar a distância de rodovias em cada classe de intensidade de tráfego.

5. AGRADECIMENTOS

À Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela bolsa PIBIC concedida.

6. REFERÊNCIAS

BALAEV, E. Y.; KONOVALOVA, T. V.; LITVINOV, A. E.; NADIRYAN, S. L.; SENIN, I. S. Optimization of freight traffic in cities using the forecast transport model of freight traffic. **IOP Conference Series: Materials Science and Engineering**, v. 918, n. 1, p. 12045, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1088/1757-899X/918/1/012045>.

BRASIL. Ministério dos Transportes. **Plano Nacional de Logística 2050 - Matrizes Origem - Destino de Cargas**. Diagnóstico - Parte I: mapas de carregamento, de saturação e corredores de exportação de commodities. Disponível em: <https://pit.infrasa.gov.br/dados-abertos/>. Acesso em: 12 jun. 2025.

CASTRO, G. S. A.; CARVALHO, C. A. DE; MAGALHÃES, L. A.; MARTINHO, P. R.; FONSECA, M. F.; DALTIO, J.; CASSALES, F. L. G.; MIRANDA, E. E. DE. **Delimitação das Bacias Logísticas**. Campinas, SP: Embrapa Territorial, 2015. Disponível em: <https://www.embrapa.br/macrologistica/bacias>. Acesso em: 19 maio 2022.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DO TRANSPORTE. **Somente 12,4% da malha rodoviária brasileira é pavimentada**. Disponível em: <https://www.cnt.org.br/agencia-cnt/somente-12-da-malha-rodoviaria-brasileira-pavimentada>. Acesso em: 4 set. 2023.

EMPRESA DE PLANEJAMENTO E LOGÍSTICA. **Plano Nacional de Logística 2035 (PNL 2035)**. Disponível em: https://www.gov.br/infraestrutura/pt-br/assuntos/politica-e-planejamento/copy_of_planejamento-de-transportes/pnl-2035. Acesso em: 29 dez. 2021.

GARAGORRY, F. L.; CHAIB FILHO, H. **Elementos de agrodinâmica**. Brasília, DF: SGE, 2008. Disponível em: <https://sistemas.sede.embrapa.br/estatisticaagricola/dinamica/relatorioagrodinamica.pdf>. Acesso em: 12 jun. 2025.

GARAGORRY, F. L.; FARIAS, A. R. **Caatinga: concentração espacial e dinâmica de produtos agrícolas**. Campinas: Embrapa Territorial, 2021. 182 p. (Embrapa Territorial. Documentos, 139). Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/228955/1/5998.pdf>. Acesso em: 12 jun. 2025.

IBGE. **Áreas Territoriais - Ano Base 2019**. Disponível em <https://www.ibge.gov.br/geociencias/organizacao-do-territorio/estrutura-territorial/15761-areas-dos-municipios.html?=&t=sobre>. Acesso em: 11 set. 2024.

IBGE. **Atlas do Espaço Rural Brasileiro**. 2020. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/atlas/tematicos/16362-atlas-do-espaco-rural-brasileiro.html>. Acesso em: 11 set. 2024.

IBGE. **Censo Agropecuário de 2017**. 2017. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/censo-agropecuario/censo-agropecuario-2017/resultados-definitivos#horticultura>. Acesso em: 11 set. 2024.

IBGE. **Censo Demográfico de 2022**. 2022a. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/trabalho/22827-censo-demografico-2022.html>. Acesso em: 11 set. 2024.

IBGE. **Malhas Municipais – Ano-base 2022**. 2022b. Disponível em: ftp://geofp.ibge.gov.br/organizacao_do_territorio/malhas_territoriais/malhas_municipais/municipio_2022/Brasil/BR/. Acessado em: 11 set. 2024.

IBGE. **Produção Agrícola Municipal**. 2023a. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/pam/tabelas>. Acesso em: 11 set. 2024.

IBGE. **Pesquisa da Pecuária Municipal**. 2023b. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/ppm/quadros/brasil/2023>. Acesso em: 11 set. 2024.

JENKS, G. F.; CASPALL, F. C. Error on choroplethic maps: definition, measurement, reduction. **Annals of American Geographers**, v. 61, p. 217-44, 1971.

SINDICATO DAS EMPRESAS DE TRANSPORTES DE CARGA DE SÃO PAULO E REGIÃO. **O desempenho da atividade econômica no transporte rodoviário de cargas em 2022**. Disponível em: <https://setcesp.org.br/imprensa/o-desempenho-da-atividade-economica-no-transporte-rodoviario-de-cargas-em-2022/>. Acesso em: 7 mar. 2025.

SOUZA, M. F.; PINTO, P. H.; TEIXEIRA, R.; NASCIMENTO, C.; NÓBREGA, R. A. Dryport location optimization to foster sustainable regional development. **Sustainability in Debate**, v. 11, n. 2, p. 208–237, 2020. DOI: <https://doi.org/10.18472/SustDeb.v11n2.2020.27073>.

SOUZA, M. F. DE; TISLER, T. R.; CASTRO, G. S. A.; OLIVEIRA, A. L. R. DE. Port regionalization for agricultural commodities: Mapping exporting porthinter lands. **Journal of Transport Geography**, v. 106, p. 103506, 2023.

TILLER, K. C.; THILL, J. C. Spatial pattern of land side trade impedance in containerized south American exports. **Journal of Transport Geography**, v. 58, pp. 272-285, 2017. DOI: 10.1016/J.JTRANGE.2017.01.001.

VICKERMAN, R.; MONNET, J. Managing the Fundamental Drivers of Transport Demand. In: **Managing the Fundamental Drivers of Transport Demand**. [s.l.] OECD, 2003. p. 15–25.