



ARTIGO

**Impactos do crescimento econômico no número de ocorrências no
transporte de produtos perigosos (2022–2024)**

**Impacts of economic growth on the number of incidents in the
transportation of hazardous materials (2022–2024)**

Davi de Albuquerque Gomes^{1*}, Jeferson Gomes da Silva², Robert Gregório de Souza³,
Joel Porto Alves⁴, Denilson Souza de Oliveira⁵ & Thainá dos Santos Mendes⁶

Avaliação: *Double Blind Review* (64/OJS)
Recebido: 16/04/2026 Aceito: 02/06/2026

Palavras-chave:

Transporte de produtos perigosos;
Crescimento econômico;
Indústria química;
Logística e segurança;
Análise de risco.

Resumo: Este artigo analisa os impactos do crescimento econômico sobre a variação das ocorrências no transporte de produtos perigosos no período de 2022 a 2024. A pesquisa é aplicada, quantitativa e descritiva, com análise correlacional baseada em dados secundários da ABIQUIM, ABTLP e IBGE. Foram consideradas as variáveis: variação do PIB, variação da produção química, utilização da capacidade instalada, variação da balança química e variação das ocorrências no transporte rodoviário de produtos perigosos. Os resultados mostram crescimento moderado do PIB (2,9% em 2022 e 2023; 2,4% em 2024), leve avanço da produção química (+1,64%, +0,81% e +1,12%) e redução da capacidade instalada de 70% para 64%. No mesmo período, as ocorrências caíram em 2022 e 2023, mas cresceram 19,84% em 2024. As correlações indicaram associação positiva entre PIB e produção química ($r=+0,88$), PIB e ocorrências TPP ($r=+0,67$) e, principalmente, entre produção química e ocorrências TPP ($r=+0,79$). Conclui-se que a retomada econômica e industrial amplia a exposição logística e os riscos operacionais, enquanto a ociosidade produtiva não reduz o risco, mas o desloca para fluxos de importação mais vulneráveis.

Keywords:

Hazardous materials transportation;
Economic growth;
Chemical industry;
Logistics and safety;
Risk analysis.

Abstract: This study analyzes the impacts of economic growth on the variation in occurrences in the transportation of hazardous materials between 2022 and 2024. The research is applied, quantitative, and descriptive, employing a correlational analysis based on secondary data from ABIQUIM, ABTLP, and IBGE. The variables considered include GDP growth, chemical production variation, installed capacity utilization, chemical trade balance variation, and occurrences in hazardous materials road transportation. The results indicate moderate GDP growth (2.9% in 2022 and 2023; 2.4% in 2024), slight increases in chemical production (+1.64%, +0.81%, and +1.12%), and a decline in installed capacity utilization from 70% to 64%. During the same period, occurrences decreased in 2022 and 2023 but increased significantly by 19.84% in 2024. Correlation analysis revealed a strong positive relationship between GDP and chemical production ($r=+0.88$), a moderate positive relationship between GDP and hazardous materials occurrences ($r=+0.67$), and a strong positive relationship between chemical production and occurrences ($r=+0.79$). The findings suggest that economic and industrial recovery increases logistical exposure and operational risks, while idle production capacity does not reduce risk but shifts it toward more vulnerable import-driven logistics flows.

URL: https://mobicities.com/index.php/path/article/view/64/Artigo_1

DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.18110866>

^{1*} Autor correspondente: Fatec da Zona Leste, e-mail: davialbuquerquegomes@gmail.com

² Fatec da Zona Leste, e-mail: jeferson.silva62@fatec.sp.gov.br

³ Fatec da Zona Leste, e-mail: robert.souza3@fatec.sp.gov.br

⁴ Fatec da Zona Leste, e-mail: joelp_alves@hotmail.com

⁵ Etec de Itaquaquecetuba, e-mail: denilson.doliveira@hotmail.com

⁶ Etec de Itaquaquecetuba, e-mail: thainasantos1998@outlook.com

1. Introdução

Substâncias de perigosas são insumos indispensáveis para o crescimento econômico de um país e para a atividade industrial (Ren & Yang, 2024). Da mesma forma, a movimentação de Produtos perigosas exerce um papel fundamental no progresso da economia e atua como a estrutura basilar para setores como a manufatura (Renčelj et al., 2025).

Na atividade industrial, o transporte de substâncias perigosas tem se mostrado fundamental para as cadeias de suprimentos, fornecendo matérias-primas para o ramo químico, a área da saúde, a fabricação de adubos, pigmentos e o segmento energético. No entanto, essa atividade tem apresentado riscos consideráveis à incolumidade/proteção, ocasionando severos prejuízos humanos, ecológicos e monetários (Gholamizadeh et al., 2025; Renčelj et al., 2025).

Pesquisa realizadas nos Estados Unidos evidencia que, no intervalo de tempo que se estende do começo de 2020 até o final de 2022, foram registrados 65.741 sinistros ligados à logística rodoviária (Gholamizadeh et al., 2025).

Em 2024 em rodovias brasileiras os acidentes totais somam 73.114, o que representa um aumento de 9,6% em relação ao ano de 2023. O número de vítimas fatais também aumento 8,1%, com 6.153 mortes, segundo a Confederação Nacional do Transporte (CNT) de 2024. O relatório CNT aponta que só nas rodovias que cortam o estado de São Paulo os números cresceram para 4.881, seguindo a média nacional, totalizando 226 mortes registradas. Os custos estimados associados aos acidentes são de cerca de R\$ 16,17 bilhões (Brasil) e de R\$ 0,954 bilhões (São Paulo). A elevação dos custos associados — mais de R\$ 16 bilhões no país e quase R\$ 1 bilhão em São Paulo — reforça a relevância de estudos que correlacionem crescimento econômico, aumento de movimentação logística e ocorrências de acidentes, especialmente nas rodovias federais com maior tráfego de cargas químicas e inflamáveis.

No que diz respeito ao setor de produção e transformação de produtos químicos no Brasil, sua participação no Produto Interno Bruto (PIB) da Indústria foi de 11%, o que lhe garantiu a terceira colocação entre os ramos da indústria de transformação. O total de receitas líquidas do setor em 2024 atingiu US\$ 158,6 bilhões, representando um avanço de 2,1% em moeda nacional (reais) em comparação com o ano de 2023. Em 2022, o Brasil ocupou o quarto lugar globalmente entre as indústrias químicas, com vendas de US\$ 168 bilhões, ficando atrás apenas da China, dos EUA e da Alemanha. A área química brasileira habitualmente se posiciona entre a quinta e a sexta posição mundial, evidenciando um papel de grande peso na estrutura produtiva internacional (ABIQUIM, 2024).

Indústria química é identificada como um dos pilares centrais da indústria de transformação nacional e possui caráter estratégico por fornecer matérias-primas e produtos de base cruciais para mais de 90% dos segmentos fabris, englobando áreas como agricultura, saúde, mobilidade, eletricidade e fabricação. O segmento químico é responsável por gerar 1,2 milhão de postos de trabalho diretos e indiretos, com remuneração 35% superior à média salarial do parque industrial brasileiro. Entre 2010 e 2020, a produção química brasileira cresceu 14,7%, enquanto as importações aumentaram 48%. O relatório da Confederação Nacional da Indústria (CNI) indica que, em se havendo uma reindustrialização com base em inovação e sustentabilidade, o Brasil pode superar a sexta posição no escalão global/internacional até 2040 (CNI, 2024).

De acordo com Agencia Gov (2024) nova política industrial brasileira chamada Nova Indústria Brasil, que estabelece metas até 2033 centradas em inovação, sustentabilidade e competitividade industrial. O plano um claro enfoque em transformações produtivas e desenvolvimento socioeconômico. Em paralelo com a previsão da expansão econômica, crescimento da indústria química e da intensificação da movimentação de cargas, no país, os dados do Panorama CNT 2024 indicam um incremento na quantidade de acidentes nas vias no período de 2023 para 2024.

A questão de pesquisa que se apresenta é: A retomada da atividade industrial e do crescimento econômico pós pandemia causam impactos significativos num seguimento tão sensível como é o caso do Transporte de Produtos Perigosos (TPP)?

O objetivo é discutir os impactos do crescimento econômico brasileiro na variação das ocorrências registradas no transporte de cargas perigosas (2022–2024). Este artigo está organizado da seguinte forma: a Seção 2 apresenta um arcabouço teórico com os principais conceitos de Crescimento Econômico, Produtos Perigosos e Correlação; a Seção 3 mostra os objetivos, a metodologia e estrutura do modelo proposto; a Seção 4 apresenta análises das correlações, discussões, contribuições e limitações e validade do estudo. Já a seção 5 oferece as conclusões do trabalho.

2. Estado da arte

2.1 Produto Perigoso

O termo “Produto Perigoso” ou “*Dangerous goods*” é definido por artigos ou substâncias capazes de apresentar risco à saúde, segurança, propriedade ou meio ambiente e que constam da lista oficial ou foram classificados de acordo com critérios estabelecidos (UN, 2023). No Brasil por ‘substâncias, misturas ou artigos que, em função ou pelas suas propriedades físicas, químicas ou biológicas,

representam ou oferecem riscos à saúde das pessoas, à segurança pública ou ao meio ambiente, seja ele encontrado na natureza ou produzido por qualquer processo, quando manipuladas ou transportadas (ANTT, 2022a; ABNT, 2020; Brasil, 1988), incorporando normas regulatórias internacionais (Lei 10.233/2001), como o '*Orange Book*' (ONU) e o Acordo Europeu para Transporte Rodoviário de Produtos Perigosos (ADR) (ANTT, 2022a).

Essas substâncias são classificadas em nove grupos de risco (Explosivos, Gases inflamáveis, não-inflamáveis e tóxicos, Líquidos inflamáveis, Sólidos inflamáveis, Substâncias oxidantes e peróxidos orgânicos, Substâncias tóxicas e infecciosas, Materiais radioativos, Substâncias corrosivas, Substâncias e artigos perigosos diversos) determinada por suas propriedades físico-químicas (corrosividade, explosividade, inflamabilidade, oxidação e reatividade), toxicológicas (aguda, crônica e infectividade) e ambientais (potencial de poluição, ecotoxicidade e persistência e bioacumulação), que são determinantes para avaliar os riscos, incluindo a consideração da malha rodoviária, densidade populacional ao redor das vias, qualidade do pavimento e transporte seguro de substâncias em volume elevado (ABNT, 2020; ANTT, 2022a; UN, 2023)

As normas nacionais evoluíram, influenciadas pelas Recomendações da ONU, que visa a privilegiar a prevenção e o controle de riscos, ao invés de apenas respostas emergenciais a acidentes (UN, 2023), como a promulgação da Lei nº 20.233 de 5 de junho de 2001, que culminou na criação da Agência Nacional de Transportes terrestres (ANTT), órgão regulador o TPP em rodovias e ferrovias no país (Brasil, 2001). Em seguida resoluções complementares foram elaboradas pela ANTT para classificação de produtos perigosos, detalhar exigências técnicas, documentação, embalagens, identificação, inspeção, obrigações do transporte, operacionalização, revisando padrões técnicos, sinalização, etc. (ANTT, 2004; 2021; 2022b).

Amplamente utilizado no TPP, o Transporte a Granel, reduz custos operacionais, minimiza o manuseio da carga e oferece economia de escala proporcionada pelos grandes volumes transportados sem o emprego de embalagens unitárias, utilizando-se diretamente de contêineres, compartimentos ou veículos apropriados (ANTT, 2022b; FERPAN, 2021; SINPROQUIM, 2023). O TPP a granel constitui um dos principais desafios logísticos atuais e prioritários no Brasil, pela razão dos papéis estratégicos e econômicos destes produtos na matriz energética, química e industrial (CNT, 2023a) e tem como principal modal o rodoviário, envolvendo diretamente o uso de combustíveis líquidos e inflamáveis que representam o maior uso pelos modais transportadores de cargas (CNT, 2023b).

Essas características inclui o Brasil em uma posição de vulnerabilidade, pois o transporte rodoviário mesmo sendo eficiente para curtas e médias distâncias, é constantemente sujeito a acidentes devido à alta exposição nas estradas brasileiras (PRF, 2025).

Vários estudos, afirmam Moschovou e Giannopoulos (2021), investigam os impactos que esse ambiente econômico teve na produção do transporte rodoviário de carga e inter-relação entre o transporte rodoviário de mercadorias e a economia. Ao longo da história, notou-se uma forte conexão entre o crescimento da demanda por movimentação de transporte de cargas, de pessoas e o crescimento econômico, medido pelo PIB, evidenciando que é o desenvolvimento econômico que impulsiona a demanda por transporte (Flores, 2019; Banister & Berechman, 2001).

Para Wang et al., 2021 o crescimento do transporte e da carga pode ser alinhado ao desenvolvimento econômico de uma região para melhor orientar o desenvolvimento sustentável do setor de transporte.

3. Procedimentos metodológicos

O procedimento metodológico deve apresentar todos os elementos necessários para a reprodução do estudo. Abrangendo a descrição do objeto de pesquisa, natureza da pesquisa, instrumento de coleta de dados, variáveis de estudo, equações aplicadas, ferramentas computacionais utilizadas etc., quando couber.

3.1 Equações

Os indicadores coletados foram organizados em tabelas comparativas anuais (2021–2024) contendo as variáveis:

- Variação do PIB do Brasil (%),
- Variação da produção química (%),
- Utilização da Capacidade instalada (%),
- Variação da Balança comercial química (US\$ bi),
- Variação das ocorrências TPP.

Na sequência, para medir o grau de relação linear entre as variáveis econômicas e o número de ocorrências logísticas, foi aplicada a Correlação de Pearson (r). O coeficiente de correlação de Pearson (r) é uma estatística que mede a força e a direção da relação linear entre duas variáveis contínuas, variando de -1 (correlação negativa perfeita) a +1 (correlação positiva perfeita), sendo 0 a ausência de relação linear (Altman & Bland, 2005; Choksy & Thorpe, 2018; Elsevier, 2023; Pearson's, 2024).

O coeficiente foi apurado automaticamente em folha de cálculo, empregando a seguinte expressão (Eq. 1):

$$r = \frac{\sum(x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum(x_i - \bar{x})^2 \sum(y_i - \bar{y})^2}} \quad (1)$$

onde,

x_i → valor da variável X na observação i

y_i → valor da variável Y na observação i

\bar{x} → média dos valores da variável X

\bar{y} → média dos valores da variável Y

i → índice da observação (2022, 2023, 2024)

n → número total de observações ($n = 3$)

Os achados foram examinados de acordo com os parâmetros de vigor sugeridos por Dancey e Reidy (2017):

- 0,00–0,30: correlação fraca;
- 0,31–0,70: correlação moderada;
- 0,71–1,00: correlação forte.

Adicionalmente, foram construídos gráficos de dispersão e de séries cronológicas para a representação visual da associação entre a expansão do PIB, a produção da indústria química e a quantidade de eventos envolvendo produtos perigosos. As ilustrações foram produzidas com o suporte das bibliotecas Pandas e Matplotlib, na linguagem Python, assegurando exatidão estatística e a replicabilidade das descobertas.

4. Resultados e Discussão

Associação Brasileira da Indústria Química (ABIQUIM) é a principal entidade representativa do setor químico brasileiro, fundada em 1964. Ela congrega nacionais e multinacionais que atuam em toda a cadeia produtiva química, desde insumos petroquímicos até produtos finais (ABIQUIM, 2024). A Tabela 1 a seguir apresenta dados do setor:

Tabela 1 – Dados do setor químico brasileiro (2021–2024)

Ano	Produção (Abiquim/Fipe)	Variação da Produção %	Utilização da Capacidade %	Déficit da balança química (US\$ bi)	Variação da balança química %
2021	122,0	-	75	-33,0	-
2022	124,0	+1,64	70	-36,6	-10,91
2023	125,0	+0,81	64	-35,5	+3,01

2024	126,4	+1,12	64	-38,1	-7,32
------	-------	-------	----	-------	-------

Fonte: adaptado de Abiquim (2024),

Os dados foram extraídos do "Folder de Desempenho 2024" da ABIQUIM, que é uma publicação anual, lançada geralmente no (29º) Encontro Anual da Indústria Química - ENAIQ, que sintetiza os principais indicadores da indústria química brasileira, que considerou o período pós pandemia (entre 2021 e 2024). Os dados são do sistema Abiquim/Fipe, que mede a produção física setorial usando o ano-base de 1994 (Índice = 100) (ABIQUIM, 2024).

A Associação Brasileira de Transporte e Logística de Produtos Perigosos (ABTLP), fundada em 1997 em São Paulo (SP), é uma entidade nacional sem fins lucrativos. Ela representa empresas (transportadoras, operadores logísticos, embarcadores e fabricantes) envolvidas no transporte, armazenagem e distribuição de produtos perigosos, seguindo a classificação da Organização das Nações Unidas (ONU) e a regulamentação da Agência Nacional de Transportes Terrestres (ANTT) (Resolução nº 5.947/2021) (ABTLP, 2024). A Tabela 2 exhibe dados retirados do Relatório ABTLP 2021–2024.

Tabela 2 – Relatório consolidado de ocorrências da ABTLP

Ano	Incidentes	Acidentes	Ocorrências	Variação Ocorrências TPP
2021	576	519	1.095	-
2022	541	471	1.011	-7,67
2023	404	458	862	-14,73
2024	543	490	1.033	+19,84

Fonte: adaptado de ABTLP 2024.

O Relatório ABTLP 2021–2024 (edição de 2024) compila a série histórica de 2021 a 2024, viabilizando análises comparativas de acidentes, incidentes e vazamentos no transporte rodoviário de produtos perigosos. Lançado em junho de 2025, durante o seminário “Transporte Seguro e Sustentável de Produtos Perigosos”, o documento é uma referência técnica em estudos de risco e segurança logística (ABTLP, 2024).

Os números acima referem-se às ocorrências (que incluem acidentes e incidentes) no transporte rodoviário no Estado de São Paulo, e não ao Brasil inteiro ou a outros modais (ferroviário, hidroviário). A ABTLP é reconhecida por fornecer indicadores que refletem a tendência nacional do setor de transporte de produtos perigosos.

Foram feitas pesquisas buscando informações detalhadas sobre o transporte de produtos perigosos a nível nacional, mas não foi encontrado dados consolidados de publicações anuais disponíveis (abertos) para consulta na Polícia Rodoviária Federal (PRF) na Agência Nacional de Transportes Terrestres (ANTT).

O IBGE, criado em 1936 com sede no Rio de Janeiro (RJ), é o órgão federal oficial responsável pela produção, análise e disseminação de estatísticas e informações geográficas do Brasil, sendo uma autarquia vinculada ao Ministério do Planejamento e Orçamento (IBGE, 2025). Na Tabela 3 visualizamos dados oriundos das Contas Nacionais Trimestrais (CNT):

Tabela 3 – Evolução do PIB

Ano	PIB Valor R\$	PIB Variação %
2021	8,7 Tri	4,6
2022	10,1 tri	2,9
2023	10,9 Tri	2,9
2024	11,7 Tri	2,4

Fonte: adaptado de IBGE 2025

O volume “Contas Nacionais Trimestrais 2021–2024”, publicado pelo IBGE em março de 2025, é o principal relatório estatístico do país. Ele apresenta a evolução trimestral e anual do Produto Interno Bruto e seus componentes (produção, consumo, investimento, exportações e importações), consolidando o quadriênio 2021–2024 com séries ajustadas pela metodologia internacional, o que permite análises precisas do comportamento econômico agregado (IBGE, 2025).

A Tabela 4 resume a evolução dos indicadores nacionais e setoriais (2022–2024), utilizando dados do IBGE (2025), ABIQUIM (2024) e ABTLP (2024). O período mostra crescimento moderado do PIB (+2,9 % a +2,4 %) e leve recuperação da produção química (+1,64 % a +1,12 %). Contudo, a utilização da capacidade instalada caiu (de 70 % para 64 %), indicando ociosidade e dependência de importações. O déficit comercial químico permaneceu alto (–36,6 bilhões em 2022 para –38,1 bilhões em 2024), e houve aumento das ocorrências no transporte de produtos perigosos (TPP), que cresceram 19,84 % em 2024 após dois anos de queda.

Tabela 4 – Dados consolidados de 2021 a 2024

Ano	PIB (%) Variação	Variação (%) da Produção	Utilização (%) da Capacidade	Variação (%) da balança química	Variação (%) Ocorrências TPP
2021	4,6	-	75	-	-
2022	2,9	+1,64	70	-10,91	-7,67
2023	2,9	+0,81	64	+3,01	-14,73
2024	2,4	+1,12	64	-7,32	+19,84

Fonte: autores (2025)

A análise estatística dos dados (coeficiente de Pearson) evidencia relações diretas entre as variáveis econômicas e logísticas. Esses resultados demonstram o comportamento conjunto das variáveis, sendo descrita na Tabela 5, como segue:

Tabela 5 – Correlação entre os dados

Relação analisada	Tipo de correlação	Coefficiente (r de Pearson)
PIB vs. Produção química	Positiva forte	+0,88
PIB vs. Ocorrências TPP	Positiva moderada	+0,67
Produção química vs. Ocorrências TPP	Positiva forte	+0,79
Capacidade Instalada vs. Ocorrências TPP	Negativa moderada	-0,56
Déficit química vs. Ocorrências TPP	Positiva fraca	+0,42

Fonte: autores (2025)

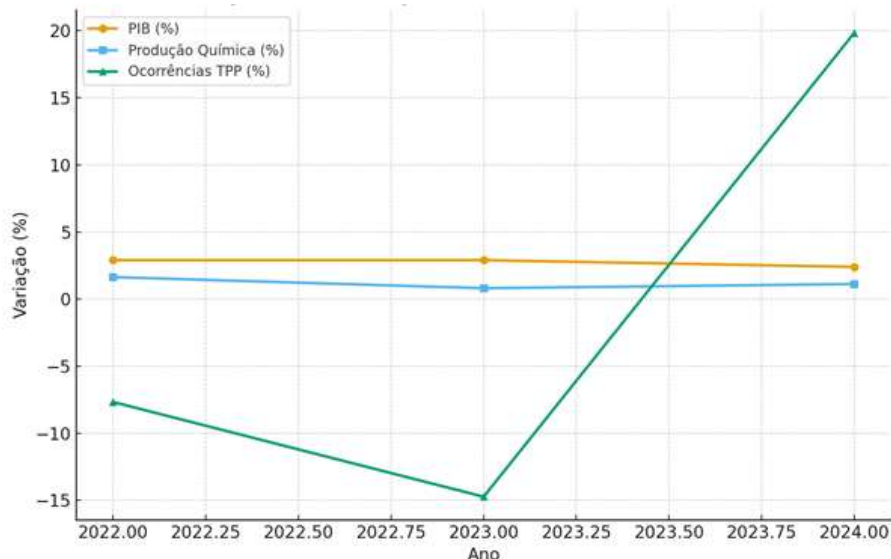
Os dados indicam uma forte correlação positiva ($r = +0,88$) entre o crescimento do PIB nacional e a produção química industrial. Isso demonstra que o desempenho do setor químico acompanha o ritmo do PIB, embora com menor intensidade, o que é coerente com o comportamento histórico da indústria química como setor de base, sensível a ciclos econômicos (IBGE, 2025; ABIQUIM, 2024).

A correlação mais forte ($r = +0,79$) é observada entre a produção química e as ocorrências no Transporte de Produtos Perigosos (TPP), indicando que o aumento produtivo sobrecarrega a infraestrutura logística e de segurança. Mesmo com um crescimento modesto na produção (+1,12 % em 2024), o impacto nos riscos logísticos foi grande. A relação Produção Química vs. Ocorrências TPP ($r = +0,79$) confirma a hipótese do estudo: o aumento de 1,12 % na produção em 2024 coincidiu com um crescimento de 19,84 % nas ocorrências, reforçando o impacto direto da atividade industrial na segurança do transporte químico (ABIQUIM, 2024; ABTLP, 2024).

Há uma correlação positiva ($r = +0,67$) entre o crescimento do PIB e o aumento das ocorrências no transporte de produtos perigosos (TPP). Isso sugere que a expansão econômica intensifica o fluxo de mercadorias perigosas nas rodovias, como combustíveis e produtos químicos. O aumento de +19,84 % nas ocorrências em 2024, após a retomada industrial, reforça essa tendência. A relação PIB vs. Ocorrências TPP ($r = +0,67$) mostra que o dinamismo econômico eleva o risco operacional logístico, com aumento das ocorrências nos anos de maior expansão (2022 e 2024), refletindo um risco maior no transporte de produtos perigosos (ABTLP, 2024).

A Figura 1 apresenta a evolução conjunta do PIB brasileiro, da produção física da indústria química (Índice Abiquim/Fipe, base 1994=100) e da variação percentual das ocorrências no transporte de produtos perigosos (TPP) no período de 2022 a 2024.

Figura 1 – Gráfico da relação entre PIB, Produção Química e Ocorrências (2022–2024)



Fonte: autores (2025)

Observa-se, especialmente em 2024, uma correlação positiva entre o crescimento econômico e o volume de ocorrências TPP. Enquanto o PIB (+2,9 % em 2022/2023 para +2,4 % em 2024) e a produção química (+1,64 % a +1,12 %) mantiveram variações moderadas, as ocorrências TPP tiveram forte inversão (de queda de -14,73 % até 2023 para aumento de +19,84 % em 2024). Essa inversão indica que variações modestas na produção podem causar aumentos significativos na exposição logística.

O crescimento do PIB em 2024, mesmo pequeno, elevou a demanda por transporte de cargas perigosas (combustíveis, solventes), aumentando os acidentes/incidentes rodoviários. Esses resultados confirmam o efeito multiplicador do crescimento econômico sobre a logística de risco (ABIQUIM, 2024; ABTLP, 2024). Estatisticamente, o coeficiente de Pearson ($r = +0,67$) entre PIB e Ocorrências TPP reforça essa associação: maior atividade econômica implica maior risco operacional.

Apesar da redução na utilização da capacidade instalada (de 70 % para 64 %), o número de ocorrências cresceu. Isso sugere que uma parte considerável do fluxo logístico deriva de produtos importados, e não exclusivamente da produção nacional, o que é um reflexo do déficit estrutural da balança comercial química (ABIQUIM, 2024; MDIC, 2023).

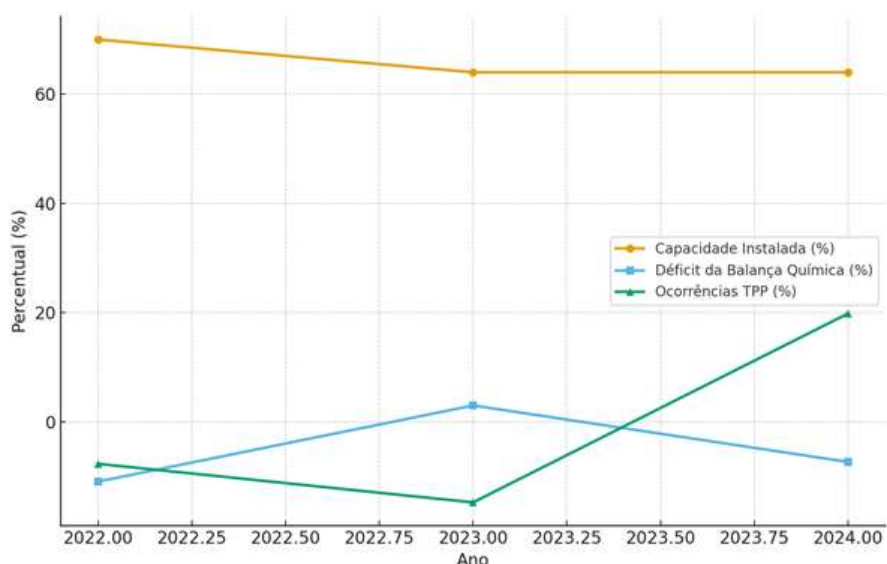
O déficit comercial químico permaneceu alto, variando entre -36,6 e -38,1 bilhões de dólares. Essa situação intensifica o transporte de insumos químicos importados (fertilizantes, combustíveis, gases industriais), sobretudo nos portos de Santos, Paranaguá e Rio Grande, mantendo elevado o risco de acidentes, independentemente da capacidade produtiva interna.

A redução da capacidade instalada (70 → 64 %) combinada com o déficit comercial persistente (-38,1 bilhões em 2024) indica que a baixa produção interna acontece devido a concorrência de produtos importados. Isso intensifica o

transporte de substâncias perigosas em portos e rodovias, ampliando a vulnerabilidade operacional e ambiental do sistema logístico nacional.

A Figura 2 ilustra a relação entre a utilização da capacidade instalada da indústria química, a variação do déficit da balança comercial química e as ocorrências TPP.

Figura 2: Gráfico da relação entre Capacidade Produtiva, Déficit da Balança Química e Ocorrências TPP (2022-2024)



Fonte: autores (2025)

Entre 2022 e 2024, a capacidade produtiva da indústria química caiu de 70 % para 64 %, refletindo ociosidade estrutural devido a altos custos e perda de competitividade (ABIQUIM, 2024). Paralelamente, o déficit da balança química apresentou forte oscilação negativa, indicando alta dependência de importações.

Apesar da capacidade ociosa, as ocorrências TPP cresceram em 2024 (+19,84 %), sugerindo que o risco logístico é impulsionado pela intensificação das operações de importação e transporte interno de produtos químicos estrangeiros, e não apenas pela produção nacional. A ociosidade produtiva, portanto, não diminui o risco logístico, pois a demanda é suprida por fluxos externos.

Essa relação inversa capacidade instalada (↓) e ocorrências (↑) reflete a "externalização do risco", onde a dependência de importações aumenta a vulnerabilidade logística. O coeficiente de correlação negativo ($r = -0,56$) entre capacidade instalada e ocorrências reforça que menor uso da capacidade industrial resulta em maior exposição logística devido às importações.

A análise dos gráficos (2022-2024) revela uma dupla correlação estrutural: Direta: O crescimento do PIB e da produção química eleva o risco logístico (maior número de ocorrências). Inversa: A ociosidade produtiva não diminui o risco, mas o transfere para cadeias de importação mais vulneráveis.

Demonstrando que a segurança no transporte de produtos perigosos deve ser gerenciada em função do ciclo econômico e industrial, exigindo políticas de prevenção e monitoramento integradas para cargas de origem nacional ou importada.

Os resultados indicam que o crescimento econômico e industrial influencia diretamente a frequência de ocorrências no transporte de produtos perigosos. Mesmo com capacidade ociosa e déficit comercial, o aumento do PIB eleva a demanda logística, o que aumenta acidentes e incidentes. Isso demonstra que o risco decorre da produção nacional e da intensificação das importações e distribuição interna de cargas químicas. Como implicações, o estudo aponta a necessidade de:

- Reforço em segurança e rastreabilidade logística;
- Adoção de tecnologias de monitoramento em tempo real;
- Investimentos em infraestrutura e capacitação;
- Integração de dados entre órgãos (ABIQUIM, ABTLP, etc.) para governança.

A retomada industrial de 2024 exige políticas integradas de segurança operacional, rastreabilidade e sustentabilidade (alinhadas aos ODS 9 e 11 (ONU, 2023)), com foco em tecnologia e protocolos de resposta rápida.

4.1 Limitações e validade do estudo

Atualmente, o Brasil carece de um repositório de dados unificado e acessível ao público, que congregue informações de entidades como ABTLP, ANTT, IBAMA, e demais órgãos de segurança e ambientais. Cada instituição coleta dados de forma autônoma, com metodologias e escopos regionais distintos, inviabilizando a consolidação de séries cronológicas nacionais fidedignas (ABTLP, 2024; ANTT, 2021).

Essa fragmentação é agravada pela heterogeneidade nas classificações das ocorrências (tipo de produto ONU, tipo de carga) e pela reduzida integração institucional entre os entes federativos e programas setoriais (PRO-QUÍMICA, SASSMAQ), os quais não operam em um sistema de dados interoperável (ABIQUIM, 2024).

Metodologicamente, a ausência de dados abertos e normalizados restringe a execução de análises estatísticas e correlações robustas entre variáveis econômicas, logísticas e ambientais. Tais limitações sublinham a urgência de uma política nacional de dados integrados e abertos sobre o transporte de produtos perigosos, envolvendo órgãos públicos, setor produtivo e academia, como condição para o

desenvolvimento de modelos preditivos e para a fundamentação de políticas públicas de segurança e sustentabilidade em âmbito nacional.

5. Considerações finais

O crescimento econômico, mesmo que moderado, e industrial brasileiro, especialmente entre 2022 e 2024, aumentou diretamente a frequência e a gravidade dos acidentes no transporte rodoviário de produtos perigosos. A análise estatística confirmou que a expansão da produção está correlacionada positivamente com o aumento das ocorrências logísticas, o que eleva proporcionalmente os riscos operacionais e ambientais.

Isso ocorre porque o maior volume de cargas químicas transportadas (em rodovias e portos) é resultado tanto da produção nacional quanto da dependência de importações. Assim, o risco logístico no Brasil reflete não só a capacidade produtiva interna, mas também a vulnerabilidade e complexidade das cadeias de suprimentos globais. A baixa utilização da capacidade instalada está inversamente relacionada à ocorrência de problemas, mas não diminui o risco logístico no transporte de produtos perigosos, ao invés disso, transfere esse risco para fluxos de importação mais longos e difíceis de controlar e rastrear.

Os resultados indicam a necessidade de políticas públicas focadas na modernização da infraestrutura logística, no fortalecimento do monitoramento em tempo real e de uma base de dados nacional, integrada e aberta sobre o transporte de produtos perigosos, a fim de subsidiar modelos preditivos e ações preventivas baseadas em evidências. Ainda mais, quando a conjectura atual sugere a criação de políticas públicas voltadas para a reindustrialização e consequente agravamento das ocorrências no transporte de produtos perigosos.

O estudo possui limitações devido à ausência de uma base nacional unificada sobre transporte de produtos perigosos exigiu o uso de dados secundários de fontes diversas (ABIQUIM, ABTLP, IBGE), com metodologias e períodos variados, o que prejudicou a comparabilidade e a precisão estatística. A falta de padronização na classificação de ocorrências e a ênfase no modal rodoviário (principalmente em São Paulo) restringem a capacidade de generalização dos achados.

Por fim, essa pesquisa contribui para conciliar o crescimento econômico com a logística sustentável e a segurança industrial, é crucial implementar medidas estruturais que reduzam riscos. Isso exige planejamento territorial e investimento em tecnologia. Tais ações são fundamentais para equilibrar o avanço econômico com a preservação ambiental e a segurança da sociedade brasileira.

Referências

AGÊNCIA NACIONAL DE TRANSPORTES TERRESTRES – ANTT. *Produtos Perigosos*. Brasília: ANTT, 19 maio 2022a. Atualizado em 29 ago. 2024. Disponível em: <https://www.gov.br/antt/pt->

br/assuntos/cargas/produtos-perigosos.

AGÊNCIA NACIONAL DE TRANSPORTES TERRESTRES (ANTT). *Resolução nº 420*, de 12 de fevereiro de 2004. Aprova as Instruções Complementares ao Regulamento do Transporte Terrestre de Produtos Perigosos. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, 17 fev. 2004.

AGÊNCIA NACIONAL DE TRANSPORTES TERRESTRES (ANTT). *Resolução nº 5.947*, de 7 de junho de 2021. Dispõe sobre o Regulamento para o Transporte Rodoviário de Produtos Perigosos. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 8 jun. 2021.

AGÊNCIA NACIONAL DE TRANSPORTES TERRESTRES (ANTT). *Resolução nº 5.998*, de 3 de novembro de 2022b. Aprova as Instruções Complementares ao Regulamento do Transporte Terrestre de Produtos Perigosos. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, n. 209, p. 142-152, 4 nov. 2022.

ALTMAN, D. G.; BLAND, J. M. Correlation and regression. *BMJ – British Medical Journal*, v. 331, n. 7521, p. 846–848, 2005. Disponível em: <https://www.bmj.com/about-bmj/resources-readers/publications/statistics-square-one/11-correlation-and-regression>. Acesso em: 19 out. 2025.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA QUÍMICA (ABIQUIM). *ENAIQ 2024 – Desempenho da Indústria Química Brasileira*. 29º Encontro Anual da Indústria Química. São Paulo: Abiquim, 2024. Disponível em: <https://www.enaiq.org.br/>

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA QUÍMICA (ABIQUIM). *O Desempenho da Indústria Química Brasileira – 2022*. São Paulo: Abiquim, 2022.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA QUÍMICA (ABIQUIM). *O Desempenho da Indústria Química Brasileira – 2023*. São Paulo: Abiquim, 2023.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). *NBR 7501: Transporte terrestre de produtos perigosos — Terminologia*. Rio de Janeiro: ABNT, 2020.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE TRANSPORTE E LOGÍSTICA DE PRODUTOS PERIGOSOS (ABTLP). *Relatório de Ocorrências 2023*. São Paulo, 2023.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE TRANSPORTE E LOGÍSTICA DE PRODUTOS PERIGOSOS (ABTLP). *Relatório de Ocorrências 2021–2024*. São Paulo, 2024.

BANCO CENTRAL DO BRASIL (BC). *Relatório Focus – Boletim Econômico 2024*. Brasília: BCB, 2024.

BANISTER, David; BERECHMAN, Yossi. Transport investment and the promotion of economic growth. *Journal of transport geography*, v. 9, n. 3, p. 209-218, 2001.

BRASIL. Decreto nº 96.044, de 18 de maio de 1988. *Aprova o Regulamento para o Transporte Rodoviário de Produtos Perigosos e dá outras providências*. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, 19 maio 1988.

BRASIL. Lei nº 10.233, de 5 de junho de 2001. *Dispõe sobre a reestruturação dos transportes aquaviário e terrestre, cria o Conselho Nacional de Integração de Políticas de Transporte, a Agência Nacional de Transportes Terrestres – ANTT, e a Agência Nacional de Transportes Aquaviários – ANTAQ, e dá outras providências*. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, 6 jun. 2001.

CHOKSY, S. A.; THORPE, K. E. Correlation coefficients: Appropriate use and interpretation. *Anesthesia & Analgesia*, v. 126, n. 5, p. 1763–1768, 2018.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA (CNI). *Pro-Química: Boletim Setorial de Transporte e Sustentabilidade*. Brasília, 2024a.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA (CNI). *Macrotendências para o Futuro da Indústria 2040 – Produtos Químicos*. Brasília: CNI, 2024b. Disponível em: <https://www.portaldaindustria.com.br>

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DO TRANSPORTE (CNT). *Pesquisa CNT de Rodovias 2023 reforça a importância de maior investimento na malha rodoviária*. Brasília: CNT, 29 nov. 2023a. Disponível em: <https://www.cnt.org.br/agencia-cnt/pesquisa-cnt-de-rodovias-2023-refora-a-importancia-de-maior-investimento-na-malha-rodoviaria>

- CONFEDERAÇÃO NACIONAL DO TRANSPORTE (CNT). *Coalizão dos Transportes – Matriz de Transporte (cargas 67%)*. Brasília: CNT, 2023b. Disponível em: <https://cdn.cnt.org.br/diretorioVirtual/23c3a08d-9fd6-4d8d-ba5c-3e935eed10fa.pdf>
- CONFEDERAÇÃO NACIONAL DO TRANSPORTE (CNT). *Panorama CNT de Acidentes Rodoviários 2024*. Brasília: CNT, 2024. Disponível em: <https://cnt.org.br>. Acesso em: 21 out. 2025.
- Dancey, Christine P.; Reidy, John. *Estatística sem matemática para psicologia*. 7. ed. Porto Alegre: Penso, 2017.
- ELSEVIER. Pearson Correlation Coefficient – Overview. In: *ScienceDirect Topics in Economics, Econometrics and Finance*. Amsterdam: Elsevier, 2023. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/topics/economics-econometrics-and-finance/pearson-correlation-coefficient>. Acesso em: 19 out. 2025.
- FEDERAÇÃO ESTADUAL DE PROTEÇÃO AMBIENTAL (FEPAM/RS). *Manual de identificação de produtos perigosos*. Porto Alegre: FEPAM, 2021. p. 10 (definição de “carga a granel”). Disponível em: fepam.rs.gov.br. Acesso em: 25 out. 2025.
- FLORES, Alex. Relationship between transport demand and economic growth: dynamic analysis using the ARDL model. *Cuadernos de Economía*, 2019.
- GHOLAMIZADEH, Kamran et al. Advancing Hazardous Materials Transport Safety: Systematic Insights on Risks, Challenges, and Research Gaps. *Journal of Safety Science and Resilience*, p. 100226, 2025.
- GIL, Antônio Carlos. *Métodos e técnicas de pesquisa social*. 7. ed. São Paulo: Atlas, 2019.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). *Contas Nacionais Trimestrais 2021–2023*. Rio de Janeiro: IBGE, 2024.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). *Contas Nacionais Trimestrais 2021–2024*. Rio de Janeiro: IBGE, 2025.
- KELLY, M. M.; MARTIN-PETERS, T.; FARBER, J. S. Secondary Data Analysis: Using existing data to answer new questions. *Journal of Pediatric Health Care*, v. 38, n. 4, p. 615–618, 2024. DOI: 10.1016/j.pedhc.2024.03.005.
- MARCONI, Marina de Andrade; LAKATOS, Eva Maria. *Fundamentos de metodologia científica*. 9. ed. São Paulo: Atlas, 2021.
- MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO, INDÚSTRIA, COMÉRCIO E SERVIÇOS (MDIC). *Relatório REIQ – Regime Especial da Indústria Química 2023*. Brasília: MDIC, 2023.
- MOSCHOVOU, Tatiana P.; GIANNOPOULOS, Athanasios G. Road freight transportation in a period of economic instability: A panel data study in four EU Mediterranean countries. *Research in Transportation Business & Management*, v. 41, p. 100622, 2021.
- ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS (ONU). *Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável*. Nova York: ONU, 2023.
- PEARSON'S CORRELATION COEFFICIENT. ENCYCLOPAEDIA BRITANNICA, 2024. Disponível em: <https://www.britannica.com/topic/Pearsons-correlation-coefficient>. Acesso em: 19 out. 2025.
- POLÍCIA RODOVIÁRIA FEDERAL (PRF). *Anuário 2024 – Sinistros, feridos e mortos em sinistros registrados pela PRF*. Brasília: PRF, 2025. Disponível em: https://www.gov.br/prf/pt-br/aceso-a-informacao/dados-abertos/diest-arquivos/anuario-2024_final.html
- REN, Cuiping; YANG, Mengyao. Risk assessment of hazmat road transportation accidents before, during, and after the accident using Bayesian network. *Process Safety and Environmental Protection*, v. 190, p. 760-779, 2024.
- RENČELJ, Marko et al. Assessment of Dangerous Goods Transport: Case Western Balkan Countries. *Sustainability (2071-1050)*, v. 17, n. 3, 2025.
- SINPROQUIM. *Manual – Transporte Rodoviário de Produtos e Resíduos Perigosos*. São Paulo: Sinproquim, 2023. Disponível em: sinproquim.org.br. Acesso em: 25 out. 2025.

UNITED NATIONS (UN). *Recommendations on the Transport of Dangerous Goods: Model Regulations*. 23rd revised edition. New York; Geneva: United Nations, 2023.

WANG, Hui et al. The relationship between freight transport and economic development: A case study of China. *Research in Transportation Economics*, v. 85, p. 100885, 2021.

WICKHAM, R. J. Secondary Analysis Research. *Journal of the Advanced Practitioner in Oncology*, v. 10, n. 4, p. 395–400, 2019.

Contribuição dos Autores:

Autor 1. Davi de Albuquerque Gomes: Planejamento e delineamento do estudo;

Autor 2. Jeferson Gomes da Silva: escrita da revisão de literatura;

Autor 3. Robert Gregório de Souza: escrita da revisão de literatura;

Autor 4. Joel Porto Alves; aplicação do instrumento de coleta de dados;

Autor 5. Denilson Souza de Oliveira: análise de dados; outras contribuições;

Autor 6. Thainá dos Santos Mendes: apresentação dos resultados; revisão das normas.