v7.n11.2026

REVISTA CIENTÍFICA - RECIMA21 ISSN 2675-6218

DEFINIÇÃO DOS LIMITES OPERACIONAIS DE EMBARCAÇÕES PARA UMA ROTA MARÍTIMA INTERNACIONAL ENTRE O NORTE DO BRASIL E A REGIÃO DAS GUIANAS: UM MODELO DE CUSTOS

DEFINITION OF VESSEL OPERATIONAL LIMITS FOR AN INTERNATIONAL MARITIME ROUTE BETWEEN NORTHERN BRAZIL AND THE GUIANAS: A COST MODEL

DEFINICIÓN DE LOS LÍMITES OPERATIVOS DE LAS EMBARCACIONES PARA UNA RUTA MARÍTIMA INTERNACIONAL ENTRE EL NORTE DE BRASIL Y LA REGIÓN DE LAS GUAYANAS: UN MODELO DE COSTES

Adricelson do Socorro Pinheiro Nogueira[1], Hito Braga de Moraes[2]

e7119304
https://doi.org/10.47820/recima21.v7i11.9304

PUBLICADO: 11/2026

RESUMO

A escassez de rotas marítimas diretas entre o Norte do Brasil e a Região das Guianas limita o aproveitamento do potencial comercial da fronteira amazônica, diante do crescimento econômico de Guiana, Suriname e Guiana Francesa. Este artigo desenvolve um modelo de custos para determinar os limites operacionais de embarcações porta-contêineres em uma rota entre Vila do Conde e Santana (Brasil) e Georgetown, Paramaribo e Dégrad des Cannes. O modelo considera aquisição, depreciação, remuneração do capital, custos operacionais (tripulação, seguro, manutenção, combustível e lubrificantes) e custos portuários, com receitas estimadas por fretes de mercado e ocupação de 70%. Considerando as restrições físicas dos portos e a demanda potencial de carga conteinerizada, foi definido o limite superior de capacidade compatível com a rota; pelo critério de resultado econômico positivo, foi definido o limite inferior de viabilidade. Os resultados indicam que a maior embarcação tecnicamente compatível, entre as avaliadas, de 675 TEU, atenderia apenas 12,1% da demanda de importação existente nos portos de destino, indicando que, em relação à demanda portuária existente, a infraestrutura portuária tende a ser o principal fator limitante. A menor embarcação economicamente viável entre as avaliadas foi identificada com 200 TEU, apresentando margem reduzida e sensível ao frete: uma redução de 5% já torna seu saldo negativo. Embarcações imediatamente maiores recuperam rapidamente essa margem de segurança. Os valores encontrados dependem das premissas econômicas e operacionais adotadas, não devendo ser interpretados como limites universalmente aplicáveis.

PALAVRAS-CHAVE: Transporte marítimo. Contêineres. Viabilidade econômica. Região das Guianas. Logística regional.

ABSTRACT

The scarcity of direct maritime routes between Northern Brazil and the Guianas limits the use of the commercial potential of the Amazonian border, given the economic growth of Guyana, Suriname, and French Guiana.

[1] Mestrando em Engenharia Naval – (UFPA).
[2] Dr. em Engenharia Oceânica – (COPPE/UFRJ) e professor titular da UFPA.

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

REVISTA CIENTÍFICA - RECIMA21 ISSN 2675-6218

This article develops a cost model to determine the operational limits of container vessels on a route between Vila do Conde and Santana (Brazil) and Georgetown, Paramaribo, and Dégrad des Cannes. The model considers acquisition, depreciation, return on capital, operating costs (crew, insurance, maintenance, fuel, and lubricants), and port costs, with revenues estimated from market freight rates and 70% occupancy. Considering port physical restrictions and potential containerized cargo demand, the upper capacity limit compatible with the route was defined; based on positive economic results, the lower viability limit was established. Results indicate that the largest technically compatible vessel, among those assessed, with 675 TEU, would serve only 12.1% of existing import demand at destination ports, indicating that, relative to existing port demand, port infrastructure tends to be the main limiting factor. The smallest economically viable vessel among those assessed was identified at 200 TEU, with a narrow margin sensitive to freight rates: a 5% reduction already makes its balance negative. Slightly larger vessels quickly recover this safety margin. The values found depend on the economic and operational assumptions adopted and should not be interpreted as universally applicable limits.

KEYWORDS: *Maritime transport. Containers. Economic feasibility. Guianas region. Regional logistics.*

RESUMEN

La escasez de rutas marítimas directas entre el Norte de Brasil y la Región de las Guayanas limita el aprovechamiento del potencial comercial de la frontera amazónica, ante el crecimiento económico de Guyana, Surinam y Guayana Francesa. Este artículo desarrolla un modelo de costos para determinar los límites operativos de embarcaciones portacontenedores en una ruta entre Vila do Conde y Santana (Brasil) y Georgetown, Paramaribo y Dégrad des Cannes. El modelo considera adquisición, depreciación, remuneración del capital, costos operativos (tripulación, seguro, mantenimiento, combustible y lubricantes) y costos portuarios, con ingresos estimados mediante fletes de mercado y una ocupación del 70%. Considerando las restricciones físicas de los puertos y la demanda potencial de carga contenerizada, se definió el límite superior de capacidad compatible con la ruta; mediante el criterio de resultado económico positivo, se estableció el límite inferior de viabilidad. Los resultados indican que la mayor embarcación técnicamente compatible, entre las evaluadas, de 675 TEU, atendería solo el 12,1% de la demanda de importación existente en los puertos de destino, indicando que, en relación con la demanda portuaria existente, la infraestructura portuaria tiende a ser el principal factor limitante. La menor embarcación económicamente viable entre las evaluadas fue identificada con 200 TEU, con un margen reducido y sensible al flete: una reducción del 5% ya vuelve negativo su saldo. Las embarcaciones inmediatamente mayores recuperan rápidamente este margen de seguridad. Los valores encontrados dependen de los supuestos económicos y operativos adoptados y no deben interpretarse como límites universalmente aplicables.

PALABRAS CLAVE*: Transporte marítimo. Contenedores. Viabilidad económica. Región de las Guayanas. Logística regional.*

INTRODUÇÃO

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

O comércio exterior constitui um dos principais vetores de ampliação da eficiência produtiva das nações, uma vez que a especialização em determinados setores permite ganhos de escala, redução de custos e melhor aproveitamento dos recursos disponíveis, favorecendo os benefícios do comércio internacional (KHOTAMOV; ISMOILOV, 2020). Em 2024, o Brasil registrou US$ 337,0 bilhões em exportações e US$ 262,5 bilhões em importações, resultando em superávit comercial de US$ 74,6 bilhões e corrente de comércio de US$ 599,5 bilhões (BRASIL, 2025). Esse cenário reforça a importância de uma infraestrutura logística eficiente, especialmente no Arco Norte, cuja infraestrutura de acesso portuário ainda apresenta limitações que restringem seu potencial de escoamento de cargas e demandam melhorias em logística e infraestrutura (CALDEIRA; LOPES; GASQUES, 2023).

Enquanto o Brasil mantém relações comerciais expressivas com China, Estados Unidos e União Europeia, o comércio com a Região das Guianas, composta por Guiana, Suriname e Guiana Francesa, permanece relativamente limitado em comparação com os principais parceiros comerciais brasileiros, evidenciando oportunidade estratégica de aproximação econômica com essa parte da América do Sul a partir da região Norte do país. Essa região tem despertado crescente interesse internacional desde a descoberta de petróleo na costa da Guiana, em 2015, cujas reservas já são estimadas em mais de 11 bilhões de barris (U.S. ENERGY INFORMATION ADMINISTRATION — EIA, 2024). A exploração desse recurso elevou o PIB guianense em 63,3% em 2022, o maior crescimento real do mundo naquele ano, e já se refletiu no comércio bilateral: as importações brasileiras da Guiana saltaram de US$ 7 milhões em 2021 para US$ 1 bilhão em 2023 (BANK OF GUYANA, 2024; BRASIL, 2024). Suriname e Guiana Francesa acompanham, em menor escala, esse movimento de aproximação comercial.

Apesar desse movimento de aproximação, não há serviço marítimo regular e direto conectando o Norte do Brasil aos portos da Região das Guianas. As cargas destinadas a esses mercados dependem de rotas indiretas, com fretes que chegam a superar US$ 7.000 por contêiner de 20 pés, como se verá na seção 2.4. Soma-se a isso uma limitação física: os portos de destino apresentam calados restritos, que limitam o porte das embarcações capazes de operá-los. Surge, assim, o problema que orienta este estudo: qual faixa de porte de embarcações porta-contêineres é, ao mesmo tempo, compatível com as restrições físicas dos portos da rota e economicamente viável nas condições atuais de mercado? A relevância da questão decorre de três fatores. Primeiro, a proximidade geográfica entre os portos do Pará e do Amapá e os mercados guianenses, que favorece uma ligação regional direta. Segundo, a inclusão dessa conexão entre as rotas de integração sul-americana priorizadas pelo governo federal (BRASIL, 2024). Terceiro, a escassez de estudos que quantifiquem, de forma integrada, os limites técnicos

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

e econômicos de uma rota dessa natureza, informação necessária a armadores, investidores e formuladores de políticas públicas. Os estudos revisados na seção 1.2 tratam, em geral, de rotas de longo curso (WAN; GE; CHEN, 2018; PAULAUSKAS; PAULAUSKAS, 2024) ou de modelos de preço e de custo aplicados a outros contextos (CEPOWSKI, 2018; NAKAMURA, 2010), sem integrar, em um único modelo, as restrições de calado portuário, a demanda regional e a viabilidade econômica de uma rota de curta distância entre o Norte do Brasil e a Região das Guianas; é essa lacuna que o presente estudo busca preencher.

Diante disso, este artigo tem como objetivo geral determinar a faixa de porte de embarcações porta-contêineres técnica e economicamente compatível com uma rota internacional entre os portos de Vila do Conde (PA) e Santana (AP), no Brasil, e os portos de Georgetown (Guiana), Paramaribo (Suriname) e Dégrad des Cannes (Guiana Francesa). Como objetivos específicos, busca-se: caracterizar as restrições físicas dos portos da rota; construir um modelo de custos que contemple aquisição, capital, operação e despesas portuárias; estimar as receitas e a demanda potencial de carga conteinerizada; identificar a maior embarcação operacionalmente compatível com a rota e a menor embarcação economicamente viável; e avaliar a sensibilidade do resultado econômico a variações no valor do frete. Metodologicamente, o estudo adota abordagem quantitativa: estima o custo de aquisição das embarcações por equação de regressão (CEPOWSKI, 2018), os custos operacionais e portuários por meio da decomposição em custo marítimo e custo portuário diários (NAKAMURA, 2010; VUKIĆ; CERBÁN, 2022), as receitas a partir de fretes de referência, e a demanda potencial a partir de séries históricas de movimentação portuária, aplicando, por fim, o critério de resultado econômico positivo e a análise de sensibilidade ao frete.

1. REFERENCIAL TEÓRICO

1.1. Análise econômico-financeira por fluxo de caixa

A avaliação econômica de investimentos em transporte marítimo é tradicionalmente conduzida a partir da elaboração de um fluxo de caixa operacional, no qual as receitas geradas pela atividade são comparadas com os custos necessários para sustentá-la (STOPFORD, 2009). No transporte de contêineres, a receita decorre principalmente da capacidade da embarcação, do número de viagens realizadas em determinado período, da taxa de ocupação alcançada e do valor do frete cobrado por contêiner. Os custos, por sua vez, reúnem um conjunto amplo de itens, como combustível, tripulação, manutenção, seguro, lubrificantes, docagem, taxas portuárias,

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

entre outros, cuja composição varia conforme o porte da embarcação, a rota percorrida e o regime operacional adotado.

A literatura de engenharia econômica recomenda incorporar a esse tipo de análise a depreciação do ativo que, embora não represente uma saída efetiva de caixa, indica o desgaste econômico do bem ao longo da vida útil e reduz o lucro tributável e, consequentemente, o Imposto de Renda (CASAROTTO FILHO; KOPITTKE, 2010). Outro elemento frequentemente incorporado é o custo de oportunidade do capital investido, isto é, o retorno que o investidor deixaria de obter caso aplicasse os recursos destinados à aquisição da embarcação em alternativas de risco equivalente. No setor marítimo, Cullinane e Panayides (2000), em pesquisa com 65 empresas de navegação sediadas no Reino Unido, verificaram que parte dos operadores avalia investimentos com base em indicadores de rentabilidade e procedimentos de análise de risco, embora tenham identificado ausência de abordagem sistemática em algumas empresas. Quando combinados, receita operacional, custos totais, depreciação e custo de oportunidade do capital permitem chegar a um resultado econômico ajustado, capaz de indicar se a operação remunera adequadamente o capital nela investido, e não apenas se cobre suas despesas.

Cabe distinguir, contudo, o fluxo de caixa financeiro do resultado econômico ajustado adotado neste estudo. O fluxo de caixa financeiro registra apenas as entradas e saídas efetivas de caixa; a depreciação, por não representar desembolso, e a remuneração do capital, que corresponde a um custo de oportunidade, não integram esse fluxo. O resultado econômico ajustado, por sua vez, deduz da receita tanto os custos operacionais e portuários quanto a depreciação e a remuneração do capital. Assim, um resultado positivo indica que a operação remunera o capital investido à taxa adotada, mas não equivale à rentabilidade financeira efetiva do investimento, que depende também da estrutura de financiamento, da tributação e do valor residual efetivamente realizado.

1.2. Estudos sobre viabilidade e análise de rotas marítimas

A literatura sobre planejamento e viabilidade de rotas marítimas é ampla, contemplando desde modelos computacionais de otimização de trajetos até avaliações econômicas e ambientais de alternativas de navegação. Wan, Ge e Chen (2018) realizaram análise de custo-benefício da Rota do Mar do Norte entre Xangai e Roterdã, comparando-a à rota convencional pelo Canal de Suez, organizando os custos em três categorias: capital, operacionais e de viagem, estrutura de classificação adotada, com adaptações, no modelo de custos deste estudo. Paulauskas e Paulauskas (2024) desenvolveram um índice de referência (Benchmark Index) para comparar alternativas de rotas considerando simultaneamente preço, tempo de transporte, limitação de calado, consumo de combustível e emissões de CO_2, reforçando a importância de

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

considerar múltiplos indicadores na comparação de alternativas de transporte marítimo, abordagem que orienta a definição, neste estudo, tanto do limite técnico (calado) quanto do limite econômico (resultado financeiro) da rota.

No que se refere especificamente à precificação de embarcações porta-contêineres, Cepowski (2018) desenvolveu um modelo de regressão não linear a partir de uma ampla base de navios construídos entre 2005 e 2015, relacionando o preço de venda a parâmetros como velocidade de serviço, comprimento entre perpendiculares, arqueação bruta e capacidade em TEU, modelo adotado neste estudo por cobrir adequadamente a faixa de porte das embarcações avaliadas, sem necessidade de extrapolação. Para a estrutura de custos operacionais, o estudo de Nakamura (2010), sobre viabilidade de cabotagem de automóveis no Brasil, fornece a decomposição entre custo marítimo diário e custo portuário diário adotada neste trabalho, complementada pela abordagem bottom-up de consumo de combustível do Quarto Estudo de Gases de Efeito Estufa da IMO (FABER et al., 2020), pelos parâmetros de operação em porto da Environmental Protection Agency (EPA, 2009) e pela metodologia de custo portuário em função da arqueação bruta e do número de escalas proposta por Vukić e Cerbán (2022).

Observa-se que esses estudos diferem quanto ao objeto, à escala geográfica e às condições de aplicação: Wan, Ge e Chen (2018) e Paulauskas e Paulauskas (2024) tratam de rotas de longo curso, nas quais navios de grande porte permitem explorar economias de escala, Cepowski (2018) relaciona o preço de navios a seus parâmetros principais, sem considerar condições de rota, e Nakamura (2010) trata de cabotagem de automóveis. No transporte conteinerizado, o custo unitário por TEU tende a diminuir com o aumento da capacidade (economias de escala), mas esse ganho depende da taxa de ocupação, que condiciona a receita efetivamente obtida, e da compatibilidade da embarcação com as restrições dos portos. Em portos com restrição de calado, como os da rota estudada, o porte máximo é limitado pela profundidade disponível, o que impede a plena exploração das economias de escala e desloca a análise para faixas de porte menores, nas quais a sensibilidade à ocupação é maior. Essas diferenças justificam a integração, em um único modelo, das restrições portuárias e das variáveis econômicas.

2. METODOLOGIA

Este estudo adota abordagem quantitativa, reunindo a estimativa de investimentos, os custos operacionais e portuários, as receitas projetadas e a demanda potencial da rota em um

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

único modelo de custos, a partir do qual são determinados os limites operacionais mínimo e máximo de embarcação compatíveis com a rota.

2.1. Caracterização da rota e dos portos envolvidos

A rota proposta liga cinco portos na costa atlântica da América do Sul, conforme a Figura 1. As distâncias aproximadas entre os pontos da rota, medidas manualmente pelo software Google Earth, são: Vila do Conde – Santana, 500 km; Santana – Dégrad des Cannes, 744 km; Dégrad des Cannes – Paramaribo, 372 km; Paramaribo – Georgetown, 377 km e Georgetown – Vila do Conde, 1.700 km (trajeto de retorno direto, sem escalas intermediárias). As características técnicas de cada porto, descritas a seguir, constituem o principal fator delimitador da viabilidade técnica e operacional da rota.

Figura 1. Rota de Navegação Proposta



Fonte: Autores

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

Porto de Vila do Conde (Pará, Brasil). Integra o Complexo Industrial e Portuário de Barcarena, com acesso marítimo pelo Canal do Quiriri, onde a Portaria nº 83/CPAOR (BRASIL, 2023) autoriza, em caráter provisório, a navegação de navios com calados entre 13,81 m e 14,00 m — sendo, entre os cinco portos analisados, o de maior capacidade estrutural e a menor restrição técnica à atracação.

Porto de Santana (Amapá, Brasil). Situado na margem direita do rio Amazonas, apresenta canal de acesso de até 11,50 m de profundidade na maré alta (COMPANHIA DOCAS DE SANTANA — CDSA, 2026), concentrando a maior parte da infraestrutura portuária do Amapá, hoje em processo de modernização voltado à movimentação de carga geral conteinerizada.

Porto de Dégrad des Cannes (Guiana Francesa). Principal terminal de cargas da Guiana Francesa, com canal de acesso de 18 km mantido por dragagem permanente, admitindo calado máximo de 7,0 m, valor que já incorpora a influência da maré local (GRAND PORT MARITIME DE LA GUYANE, 2026). Essa combinação de calado restrito e dependência de maré é o principal fator limitante à operação de embarcações maiores nessa etapa da rota.

Porto de Paramaribo (Suriname). Porto fluvial de pequeno a médio porte às margens do rio Suriname, com profundidade operacional de até 7,5 m e instalações que comportam embarcações de até 180 m de comprimento, em processo de modernização de seus sistemas de movimentação de contêineres.

Porto de Georgetown (Guiana). Classificado como porto marítimo de porte médio pelo World Port Index (NATIONAL GEOSPATIAL-INTELLIGENCE AGENCY — NGA, 2026). A profundidade mínima do trecho interno do canal principal é de 5,7 m referida ao Chart Datum, enquanto o trecho externo está dragado a 9,0 m (MARITIME ADMINISTRATION DEPARTMENT — MARAD, 2023). O litoral local apresenta regime de marés semidiurno, com amplitudes médias de aproximadamente 1,17 m nas marés de quadratura e 2,50 m nas de sizígia (BEST et al., 2022); somando-se à profundidade mínima a amplitude de maré e descontando a folga mínima de segurança de 0,5 m sob a quilha, chega-se a um calado operacional de 6,37 m nas marés de quadratura, podendo alcançar 7,7 m nas marés de sizígia.

2.2. Custo de aquisição da embarcação

O custo de aquisição de cada embarcação foi estimado pela equação de regressão de Cepowski (2018), calibrada a partir de amostra de 241 navios porta-contêineres construídos entre 2005 e 2015, com capacidades entre 58 e 13.344 TEU, DWT entre 2.310 t e 165.538 t, velocidades de serviço entre 8 e 27 nós e preços de venda entre US$ 2,5 milhões e US$ 170 milhões, conforme a Equação 1. O modelo relaciona o preço estimado à velocidade de serviço,

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

ao comprimento entre perpendiculares, à arqueação bruta e à capacidade em TEU, por meio de equação polinomial ajustada por curve fitting. Como as embarcações avaliadas neste estudo apresentam parâmetros dentro da faixa de calibração do modelo original, sua aplicação ocorre sem extrapolação dos dados de referência.

Cabe ressaltar que todo o modelo é denominado em dólares norte-americanos, moeda de referência dos fretes, do combustível e das demais despesas da rota, o que dispensa conversões cambiais e reduz a exposição do resultado às oscilações da moeda brasileira. Isso, contudo, não elimina a defasagem de preços: a equação foi calibrada com navios construídos entre 2005 e 2015, em dólares da época, e o enquadramento das embarcações na faixa de calibração quanto a porte e velocidade não assegura, por si só, a atualização econômica das estimativas para 2026.

A própria moeda perdeu poder de compra no período, e os preços de embarcações variam ainda com o ciclo do mercado de construção naval e com o custo dos insumos, de modo que os valores obtidos devem ser interpretados como estimativas de ordem de grandeza e podem diferir dos preços contemporâneos praticados no mercado de embarcações usadas, que dependem de idade, estado de conservação e liquidez. Por essa razão, os preços estimados são tratados como valores de referência para a comparação entre portes, e não como cotações de mercado. Como a depreciação, a remuneração do capital, o seguro e a manutenção são proporcionais ao valor de aquisição, uma eventual subestimação dos preços elevaria esses custos de forma aproximadamente proporcional em todas as embarcações, o que tenderia a deslocar o limite inferior de viabilidade para portes maiores, sem alterar o limite superior, determinado pelo calado dos portos.

$$P = 60645181 - 1{,}37 * 10^{-7} * v^{11} + 3{,}96 * 10^{-18} * Lpp^{11} + 6{,}61 * 10^{-42} * AB^{10} + 0{,}093 * v^{2{,}5} + 2{,}17 * 10^{-73} * v^{15} - 2{,}54 * (v * AB)^{1{,}3} + 3{,}61 * 10^{-13} * (Lpp * TEU)^{3{,}5} - 2{,}50 * 10^{-12} * (Lpp * AB)^{2{,}9} - 9{,}56 * 10^{-17} * (TEU * AB)^{2{,}9} + 0{,}0577 * Lpp * AB * TEU - 2{,}12 * 10^{-96} * v * Lpp * TEU * AB - 3{,}57 * 10^{-8} * (Lpp * TEU)^{2{,}7} + 1{,}03 * 10^{-19} * (v * AB)^{4{,}5} - 1{,}20 * 10^{-15} * Lpp^{10} - 758{,}048 * (TEU * AB)^{0{,}8} + 1{,}08 * 10^{-10} * AB^{4} + 95906{,}18 * (Lpp * TEU * AB)^{0{,}4} + 5387{,}905 * \ln^{5}(v * TEU) - 5{,}86 * 10^{-14} * (v * Lpp * TEU * AB)^{1{,}8} - 1{,}90 * 10^{-50} * (v * Lpp)^{15} - 1073{,}067 * \ln^{5}(v * Lpp * TEU) + 1{,}26 * 10^{-14} * v^{16} \quad (1)$$

Lpp: comprimento entre perpendiculares (m);
AB: arqueação bruta;
v: velocidade de serviço (nós);
TEU: Unidade de um contêiner de 20 pés x 8 pés x 8,5 pés.

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

As embarcações analisadas estão identificadas na Tabela 1, ordenadas por capacidade nominal. Para cada uma, são apresentados a capacidade nominal (TEU), o comprimento entre perpendiculares (Lpp), o calado operacional, a potência instalada do motor principal, a velocidade de serviço e o valor estimado de aquisição. Os parâmetros dimensionais e de propulsão correspondem às embarcações de referência, enquanto o valor de aquisição foi estimado pela Equação 1 e, portanto, não representa preço de mercado das embarcações citadas, devendo ser interpretado como valor de referência para a comparação entre portes. Esses dados são os utilizados nas Equações 5 a 8 e na determinação dos limites técnico e econômico da rota.

Tabela 1. Características das embarcações analisadas

Embarcação	Capacidade nominal (TEU)[1]	Lpp (m)[2]	Boca (m)[2]	Calado operacional (m)[1]	Pot. instalada (kW)[3]	Vel. (nós)[2]	Valor de aquisição (US$)
BARBARA-B	200	101	16	5,6	2500	8,1	16.166.414
NIKLAS G.	256	114	14	6,2	3500	10,1	17.943.818
MANIZALES	270	119	15	5,9	4000	10,6	18.861.634
BROTHERS WAY	306	105	16	6,2	4000	8,4	17.754.545
AASHEIM	325	107	15	5,2	4500	10,1	18.128.359
PIRITA	350	133	18	6,0	5900	12,0	21.436.005
RUSLANA	375	120	15	6,2	3840	10,7	20.102.313
MV.TAI JI	400	124	18	6,3	5220	8,7	20.664.046
IRENA ARCTICA	424	108	22	6,2	4500	11,3	20.427.450
CS CIHAN	450	114	16	6,1	3000	9,3	20.424.990
FRASERBORG	475	156	16	6,0	4500	10,7	25.661.028
TELUK BINTUNI	500	114	16	6,1	4800	8,8	20.185.147
ABANOZ	523	100	18	5,5	2000	9,4	18.820.631
FORTUNE NAVIGATOR	550	119	18	6,3	7040	10,5	21.843.155
SILVER MARY	573	113	22	6,2	7869	11,8	21.525.689
CORVO	600	120	20	6,3	6000	13,9	22.027.619
INSULAR	625	120	20	6,1	5940	13,5	21.762.822

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

Embarcação	Capacidade nominal (TEU)[1]	Lpp (m)[2]	Boca (m)[2]	Calado operacional (m)[1]	Pot. instalada (kW)[3]	Vel. (nós)[2]	Valor de aquisição (US$)
MERIDIAN DIEZ	650	121	19	6,2	5500	12,3	22.232.198
ONEGO RIO	675	143	18	6,3	4320	11,1	25.328.558

Fonte: Autores, com dados técnicos obtidos em EconDB[1], VesselFinder[2] e BalticShipping[3].

2.3. Custos operacionais da embarcação

O custo operacional foi adaptado do estudo de Nakamura (2010), constituído pela soma de um custo marítimo diário (CMD) e de um custo portuário diário (CPD), conforme as Equações 2 e 3:

$$CMD = CCn + CT + CMn + CS + CCM + CLM \quad (2)$$

$$CPD = CCn + CT + CMn + CS + CCP + CLP \quad (3)$$

O custo total da viagem-modelo (CTVM) resulta da Equação 4:

$$CTVM = CMD \times NV + CPD \times NAP \quad (4)$$

Em que CCn é custo diário de capital (US$/dia); CT é o custo diário da tripulação (US$/dia); CMn é o custo diário de manutenção e reparo (US$/dia); CS é o custo diário de seguro (US$/dia); CCM / CCP são os custos diários de combustível no mar e no porto, respectivamente (US$/dia); CLM / CLP são os custos diários de lubrificante no mar e no porto, respectivamente (US$/dia); e NV / NAP são os números de dias navegando e no porto, respectivamente.

Custo diário de capital (CCn). Soma da depreciação diária com a remuneração diária do capital investido. A depreciação foi calculada pelo método linear, com valor residual de 10% do valor de aquisição e vida útil de 25 anos, estimativa média de vida econômica de um navio (STOPFORD, 2009). A remuneração do capital adotou taxa de retorno de 12% ao ano (LOUREIRO; GOMES; PEREIRA, 2022).

Custo diário da tripulação (CT). Adotou-se valor fixo de US$ 640.000/ano, com base no relatório Deliverable 4.4 – Vessel Concepts, do projeto europeu NOVIMAR (Horizon 2020), que estimou o custo mensal de tripulação (11 tripulantes) de um navio porta-contêineres de curta distância em € 48.900, ou € 586.800 por ano, equivalente a aproximadamente US$ 640.000 anuais à taxa de € 1,00 = US$ 1,09 (RAMNE et al., 2020), incluindo alimentação e encargos sociais.

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

Custo diário de seguro (CS) e de manutenção (CMn). Adotaram-se 3% do valor do navio ao ano para o seguro (CUNHA, 2000) e 4% ao ano para manutenção e reparo (LOUREIRO; GOMES; PEREIRA, 2022).

Custo diário de combustível no mar (CCM). O consumo de combustível durante a navegação foi estimado pela abordagem *bottom-up* consolidada no Quarto Estudo de Gases de Efeito Estufa da IMO (FABER et al., 2020), atualmente empregada como referência em inventários oficiais de consumo e emissões da navegação comercial (DEPARTMENT FOR TRANSPORT, 2024), na qual a demanda energética do motor principal e dos motores auxiliares é calculada separadamente, com fator de carga específico para cada fase operacional. O custo diário de combustível no mar foi calculado pela Equação 5:

$$CCM = \frac{24 \times \left(P_{MP} \times f_{MP} + P_{MA} \times f_{MA(mar)}\right) \times \alpha_c}{10^6} \times P_c \quad (5)$$

em que CCM é o custo diário de combustível no mar (US$/dia); P_{MP} e P_{MA} são as potências do motor principal e dos motores auxiliares (kW), respectivamente; f_{MP} e $f_{MA(mar)}$ são os fatores de carga do motor principal e dos motores auxiliares em navegação, respectivamente; α_c é o consumo específico de combustível (g/kWh); e P_c é o preço do combustível (US$/t). Para a navegação, foram adotados fatores de carga de 0,83 para o motor principal e 0,30 para os motores auxiliares, conforme os parâmetros por fase operacional da metodologia de referência (FABER et al., 2020). Na ausência de dados homogêneos de potência dos motores auxiliares para todas as embarcações analisadas, essa potência foi estimada como 22% da potência do motor principal, conforme procedimento adotado na metodologia de referência para situações de indisponibilidade desses dados (DEPARTMENT FOR TRANSPORT, 2024). Diante da falta de dados de fabricante para todos os motores, adotou-se consumo específico de 195 g/kWh, limite superior da faixa de 190 a 195 g/kWh indicada por Sagin et al. (2024) para motores diesel marítimos de quatro tempos, como premissa conservadora. Para o preço, adotou-se o combustível do tipo Very Low Sulfur Fuel Oil (VLSFO), amplamente utilizado desde as exigências da IMO 2020, com valor de US$ 698,50/t, correspondente à média dos últimos 12 meses na América, obtida na plataforma Ship & Bunker (2026) em 27/07/2026.

Custo diário de combustível no porto (CCP). Durante a atracação, o motor principal permanece desligado, de modo que o consumo de combustível é atribuído aos motores auxiliares, responsáveis pelo atendimento da demanda elétrica de bordo. O custo diário de combustível no porto foi calculado pela Equação 6:

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

$$CCP = \frac{24 \times P_{MP} \times 0{,}220 \times 0{,}19 \times \alpha_c}{10^6} \times P_c \quad (6)$$

em que CCP é o custo diário de combustível no porto (US$/dia); P_{MP} é a potência do motor principal (kW); 0,220 representa a razão entre a potência dos motores auxiliares e a potência do motor principal; 0,19 é o fator de carga dos motores auxiliares durante a atracação; α_c é o consumo específico de combustível (g/kWh); e P_c é o preço do combustível (US$/t). A razão de 0,220 e o fator de carga de 0,19 foram adotados conforme dados da EPA (2009) para navios porta-contêineres, obtidos, respectivamente, em pesquisa do California Air Resources Board com 327 embarcações e no programa de vistoria de embarcações do Porto de Los Angeles.

Custo diário de lubrificante no mar e no porto (CLM/CLP)

O custo de lubrificante foi estimado pela mesma estrutura de cálculo utilizada para o combustível, substituindo-se o consumo específico de combustível pelo consumo específico de óleo lubrificante. Adotou-se um consumo específico de 0,5 g/kWh para motores diesel marítimos de quatro tempos, conforme dados de fabricante apresentados por Costa Junior e França (2023), e preço médio de US$ 5.989,00/t, correspondente ao ponto médio da faixa de US$ 4.800,00 a US$ 6.573,00/t reportada para óleos lubrificantes marítimos semissintéticos, utilizados em motores diesel de média e alta rotação (COHERENT MARKET INSIGHTS, 2026).

Para a embarcação em navegação, o custo diário de lubrificante foi calculado pela Equação 7:

$$CLM = \frac{24 \times P_{MP} \times f_{MP} \times \alpha_l}{10^6} \times P_l \quad (7)$$

Para a embarcação atracada, considerando a potência efetiva dos motores auxiliares, o cálculo foi realizado pela Equação 8:

$$CLP = \frac{24 \times P_{MP} \times 0{,}220 \times 0{,}19 \times \alpha_l}{10^6} \times P_l \quad (8)$$

em que CLM e CLP representam os custos diários de lubrificante no mar e no porto (US$/dia), respectivamente; P_{MP} é a potência do motor principal (kW); f_{MP} é o fator de carga do motor principal em navegação; α_l é o consumo específico de óleo lubrificante (g/kWh); e P_l é o preço do óleo lubrificante (US$/t). Para a condição de atracação, foram mantidos os parâmetros 0,220 e 0,19, correspondentes à razão entre a potência auxiliar e a potência principal e ao fator de carga dos motores auxiliares, respectivamente, conforme EPA (2009). Em navegação, o

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

consumo de lubrificante dos motores auxiliares não foi considerado, por representar parcela pouco expressiva do custo diário quando comparada à do motor principal.

Outros custos. Foi incluída uma margem de 10% sobre o custo operacional anual da embarcação para representar despesas não individualizadas no modelo, como taxas administrativas, documentação, despachos e pequenas variações operacionais não previstas. O valor foi adotado como estimativa conservadora dos autores, diante da limitação de dados públicos detalhados para esses itens.

2.4. Frete e taxa portuária

A análise de valores praticados para os portos de destino mostrou fretes internacionais relativamente elevados frente à distância da rota proposta. A Tabela 2 sintetiza os valores de referência levantados em plataformas especializadas, agentes de carga e comunicados de armadores, com os valores em euro convertidos para dólar pela taxa de € 1,00 = US$ 1,1430, publicada pelo Banco Central Europeu para 10/07/2026 (BANCO CENTRAL EUROPEU, 2026).

Tabela 2. Fretes internacionais de referência levantados para contêiner de 20 pés (1 TEU)

Destino	Origem	Faixa de frete (US$)	Fonte
Georgetown (Guiana)	Estados Unidos	2.200 – 4.470	iContainers (2026); Rorofromusa (2026)
Georgetown (Guiana)	China	6.370 – 7.798	Sino Shipping (2026a)
Paramaribo (Suriname)	Estados Unidos	4.249,67 – 5.034,92	FreightAmigo (TSE, 2025)
Paramaribo (Suriname)	Europa	4.229,10 – 5.143,50	Expat Suriname (2026)
Paramaribo (Suriname)	China	6.370 – 7.798	Sino Shipping (2026b)
Dégrad des Cannes (Guiana Francesa)	Estados Unidos	≈ 3.330,80	NEX Worldwide Express (2026)
Dégrad des Cannes (Guiana Francesa)	Mediterrâneo	≈ 2.571,75	CMA CGM (2021)
Dégrad des Cannes (Guiana Francesa)	Ásia	≈ 3.700,00	CMA CGM (2020)

Fonte: Autores a partir das fontes citadas

Diante dessas referências, adotou-se para a rota proposta um frete médio de US$ 2.000 por TEU, valor fixado abaixo da faixa inferior das tarifas levantadas para representar uma tarifa competitiva frente aos serviços atualmente disponíveis, entre 9,1% e 74,4% inferior às tarifas para Georgetown, entre 52,7% e 74,4% inferior para Paramaribo, e entre 22,2% e 45,9% inferior

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

para a Guiana Francesa, representando uma vantagem competitiva potencial para uma ligação regional direta a partir do Norte do Brasil.

Como as fontes apresentam diferenças quanto à data, origem, composição tarifária e inclusão de sobretaxas, os valores devem ser interpretados como referências de mercado, e não como cotações comerciais diretamente equivalentes. O procedimento consistiu em: (i) levantar as faixas de frete por destino e origem (Tabela 2), (ii) identificar a menor tarifa observada (US$ 2.200 por TEU, de origem nos Estados Unidos para Georgetown), e (iii) fixar o valor de US$ 2.000/TEU, cerca de 9,1% abaixo desse mínimo, como hipótese de preço competitivo para um serviço regional de curta distância. Trata-se, portanto, de premissa de simulação, e não de tarifa observada para a rota, uma vez que as referências possuem origens, distâncias e condições comerciais distintas.

As despesas portuárias foram estimadas pelo método de Vukić e Cerbán (2022), no qual os custos por escala são estimados em função da arqueação bruta (AB) e do número de escalas (Nesc), conforme a Equação 9, com tarifa média de US$ 0,428 por unidade de AB, por escala, abrangendo praticagem, atracação e amarração.

$$Cport = 0{,}428 \times AB \times Nesc \quad (9)$$

A esse valor soma-se o custo de movimentação da carga conteinerizada, de US$ 100 por TEU em cada operação (embarque e desembarque), conforme a Equação 10, em que CapTEU é a capacidade nominal da embarcação e TO a taxa de ocupação.

$$Cmov = 2 \times 100 \times (CapTEU \times TO) \quad (10)$$

A despesa portuária total resulta da soma entre Cport e Cmov. Essa metodologia é adequada quando não estão disponíveis, de forma homogênea, as tabelas tarifárias detalhadas de todos os portos analisados, situação da rota estudada.

2.5. Movimentação portuária e demanda potencial

Para a estimativa do tempo de movimentação portuária, adotou-se produtividade média de 8 TEU/h por guindaste de berço, observada no grupo de terminais com movimentação anual de até 500.000 TEU, uma vez que terminais de menor porte e função regional apresentam produtividade inferior à dos grandes terminais (BEŠKOVNIK; TWRDY, 2010). Somou-se a esse tempo uma parcela fixa de 6 horas por escala, referente à aproximação, amarração, liberação, encerramento das atividades e desamarração, com base em dados da ANTAQ para terminais do Porto de Santos entre 2018 e 2022, nos quais o tempo entre a atracação e o início da operação somado ao tempo entre o término da operação e a desatracação variou entre 5,3 e 8,8

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

horas por escala, com média de 6,2 horas (CRUZ; DEGOBBI, 2023). Adotou-se, ainda, taxa de ocupação de 70% da capacidade nominal por viagem, próxima aos fatores médios históricos de 70,9% (2010) e 67,6% (2011) registrados pela PIERS (2012) nas rotas de importação conteinerizada dos Estados Unidos. Trata-se, contudo, de hipótese de simulação ancorada em rotas históricas distintas, e não de ocupação demonstrada para o corredor proposto.

A demanda potencial foi levantada na plataforma EconDB (2026), com séries históricas de movimentação portuária em TEU entre 2022 e 2025, desagregadas entre importação e exportação, para Georgetown, Paramaribo e Dégrad des Cannes, adotando-se 2025 como ano-base por ser o período mais recente com informações completas para os três portos. Observou-se crescimento consistente na movimentação, sobretudo em Georgetown e Paramaribo, refletindo a expansão econômica regional. Já o porto de Dégrad des Cannes manteve comportamento mais estável, entre 30 e 40 mil TEU/ano. Em 2025, os três portos movimentaram conjuntamente 186.547 TEU, sendo 133.568 TEU de importação e 52.979 TEU de exportação, evidenciando forte dependência regional de cargas importadas e um mercado potencial relevante para o abastecimento pela rota proposta. Ressalva-se que esses volumes expressam a demanda portuária existente, e não a demanda efetivamente captável por um serviço com origem no Norte do Brasil (seção 3.1). A Tabela 3 sintetiza as premissas consolidadas do modelo.

Tabela 3. Premissas consolidadas do modelo econômico

Premissa	Valor adotado
Ano-base da demanda	2025
Demanda total (Georgetown + Paramaribo + Dégrad des Cannes)	186.547 TEU/ano
Demanda de importação	133.568 TEU/ano
Demanda de exportação	52.979 TEU/ano
Taxa média de ocupação	70%
Produtividade de movimentação portuária	8 TEU/h
Tempo fixo de atracação/desatracação	6 horas
Frete médio adotado	US$ 2.000/contêiner
Vida útil da embarcação	25 anos
Valor residual	10% do valor de aquisição
Taxa anual de retorno do capital	12%
Custo de seguro	3% do valor do navio/ano
Custo de manutenção e pequenos reparos	4% do valor do navio/ano

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

Premissa	Valor adotado
Custo de tripulação	US$ 640.000/ano
Preço do combustível (VLSFO)	US$ 698,50/t
Consumo específico de combustível	195 g/kWh
Preço do óleo lubrificante	US$ 5.989,00/t
Consumo específico de óleo lubrificante	0,5 g/kWh
Tarifa portuária (praticagem, atracação e amarração)	US$ 0,428 por AB, por escala
Custo de movimentação de carga	US$ 100/TEU por operação
Outros custos	10% do custo operacional anual
Dias de operação por ano (cenário realista)	310 dias

Fonte: Autores

O critério adotado para classificar uma embarcação como economicamente viável exige que a receita estimada seja igual ou superior à soma do custo operacional, da depreciação e da remuneração do capital. Esse critério, aplicado a um conjunto de embarcações de diferentes portes, permite identificar tanto o limite inferior de viabilidade econômica quanto avaliar a robustez desse limite frente a variações de mercado, como o valor do frete, testado na análise de sensibilidade apresentada na seção 3.3.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Restrição de calado e embarcação máxima operacional

A capacidade máxima anual da rota foi estimada a partir da maior embarcação compatível com as restrições físicas dos portos analisados. Adotou-se como limite superior uma embarcação porta-contêineres com capacidade nominal de 675 TEU e calado operacional de 6,3 m, tendo como referência técnica a embarcação ONEGO RIO, a maior entre as analisadas (Tabela 1). Esse calado é inferior ao do Porto de Georgetown, o menor admissível entre os cinco portos (6,37 m nas marés de quadratura, seção 2.1), e também às restrições dos demais portos (7,0 m em Dégrad des Cannes, 7,5 m em Paramaribo, 11,5 m em Santana e acima de 13,8 m em Vila do Conde). Assim, a embarcação atende às restrições de todos os portos da rota mesmo plenamente carregada, sem depender do descarregamento progressivo nos portos anteriores, ainda que com margem reduzida, de apenas 0,07 m, em Georgetown nas marés de quadratura.

Para essa etapa considerou-se a condição extrema de utilização: operação com 100% da capacidade nominal em todas as viagens, ao longo de 365 dias/ano. Esse cenário é hipotético

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

e não operacional. Seu único propósito é confirmar o limite máximo de oferta da rota frente à demanda portuária existente e mostrar o quão pouco dessa demanda precisaria ser captado para carregar o navio, não representando uma condição realista de operação (Tabela 4). Seus parâmetros (365 dias/ano e 100% de ocupação) não integram as projeções econômicas operacionais da seção 3.2, que adotam 70% de ocupação e 310 dias/ano.

Tabela 4. Capacidade máxima anual da rota com a embarcação de 675 TEU

Indicador	Valor
Capacidade nominal da embarcação	675 TEU
Calado da embarcação considerada	6,3 m
Tempo de ciclo operacional	~15 dias
Viagens anuais estimadas (cenário-limite)	~24 viagens/ano
Ocupação considerada nesta análise	100%
Capacidade máxima anual	16.200 TEU/ano

Fonte: Autores.

Os três portos de destino movimentaram conjuntamente 133.568 TEU de importação em 2025. Comparando-se esse valor à capacidade máxima anual estimada, a embarcação de 675 TEU, mesmo operando em lotação máxima durante 365 dias, cobriria apenas 12,1% dessa demanda, restando 117.368 TEU/ano de demanda de importação excedente (Tabela 5). Portanto, em relação à demanda portuária existente, o fator limitante da rota não parece ser a demanda, e sim a infraestrutura portuária dos destinos, cujo calado restrito impede o emprego de embarcações maiores capazes de absorver volume adicional. Esse resultado indica que investimentos futuros em dragagem e ampliação de calado nos portos da Região das Guianas seriam pré-condição para qualquer ampliação relevante da capacidade de oferta da rota, ainda que estejam fora do escopo econômico deste modelo. Essa afirmação está condicionada à distinção entre três conceitos: a demanda portuária existente (os 133.568 TEU de importação movimentados em 2025), o mercado potencialmente acessível (parcela dessas cargas que poderia ser atendida por um serviço com origem no Norte do Brasil) e a demanda efetivamente captável (parcela que o serviço de fato conseguiria transportar). Parte das cargas atuais pode depender de fornecedores, contratos e cadeias logísticas incompatíveis com o serviço proposto, de modo que os 12,1% indicam apenas a ordem de grandeza da capacidade da rota frente à demanda portuária existente.

Essa distinção encontra respaldo na literatura de economia portuária e de transportes. Notteboom e Rodrigue (2026) diferenciam hinterlândias cativas, atendidas por um porto com

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

pouca concorrência, de hinterlândias contestáveis, que podem ser alcançadas por mais de um porto ou serviço e, por isso, são disputadas. Por analogia, apenas parte do volume que hoje transita pelos portos de destino é contestável por um novo serviço com origem no Norte do Brasil, pois o restante permanece vinculado a serviços, fornecedores e contratos já estabelecidos. Luo e Grigalunas (2003), ao modelarem a demanda por serviços de transporte de contêineres, partem da premissa de que o embarcador escolhe a alternativa de menor custo total de movimentação entre a origem e o destino, de modo que a demanda captada por um serviço depende de sua competitividade em custo, e não apenas do volume total existente. Paixão e Marlow (2002), ao analisarem o transporte marítimo de curta distância, destacam que o serviço marítimo precisa ser integrado a outros modais para oferecer um serviço porta a porta, o que condiciona a parcela de carga que ele consegue efetivamente atrair.

Nesse sentido, os 133.568 TEU representam a demanda portuária existente, que funciona como teto de referência; o mercado potencialmente acessível corresponde à fração desse volume cuja origem ou cadeia logística é compatível com o Norte do Brasil, e a demanda efetivamente captável é a fração desse mercado que o serviço consegue atrair, em função do frete, da regularidade e da integração logística. A estimativa dessas duas últimas parcelas exige dados de origem e destino das cargas importadas, que não constam das séries utilizadas; por isso, elas não foram quantificadas neste estudo e constituem tema para pesquisas futuras.

Tabela 5. Relação entre capacidade máxima da rota e demanda de importação

Indicador	Valor
Demanda de importação dos portos analisados em 2025	133.568 TEU/ano
Capacidade máxima anual da embarcação	16.200 TEU/ano
Percentual necessário da demanda de importação	12,1%
Demanda de importação excedente	117.368 TEU/ano

Fonte: Autores

3.2. Definição da embarcação mínima viável

Além do limite máximo, foi necessário estabelecer o limite inferior de capacidade: a menor embarcação capaz de operar a rota com resultado econômico positivo, dadas as premissas de frete, ocupação, custos, taxa portuária, tempo de ciclo e número de viagens anuais do modelo. Essa definição é relevante porque embarcações menores, apesar do menor valor de aquisição, podem não gerar receita suficiente para cobrir todos os custos da operação: capital, tripulação, manutenção, seguro, combustível, lubrificantes, taxas portuárias, depreciação e remuneração do capital investido.

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

A embarcação de 180 TEU testada apresentou resultado insuficiente dentro dessas premissas: apesar de o menor porte reduzir parte dos custos, sua receita não cobriu integralmente custos operacionais, depreciação e remuneração do capital. A primeira embarcação com resultado positivo foi a BARBARA-B, de 200 TEU, definida como embarcação mínima viável da rota, entre as alternativas efetivamente avaliadas, sem que se demonstre que capacidades intermediárias entre 180 e 200 TEU seriam necessariamente inviáveis, com saldo de US$ 12.445 por viagem, já cobertos todos esses componentes. Com tempo de viagem de aproximadamente 13,5 dias, a embarcação realizaria cerca de 23 viagens/ano em 310 dias de operação anual (regime realista de operação, distinto do cenário-limite de 365 dias usado apenas para dimensionar a oferta máxima), resultando em saldo anual estimado de US$ 286.235 (Tabela 6).

Tabela 6. Resultado da embarcação mínima viável

Indicador	Valor
Menor embarcação testada e considerada inviável	180 TEU
Embarcação mínima viável	200 TEU (BARBARA-B)
Tempo de ciclo operacional	~13,5 dias
Viagens anuais estimadas	~23 viagens/ano
Resultado por viagem	US$ 12.445
Resultado anual estimado	US$ 286.235
Critério de viabilidade	Cobre custos operacionais, depreciação e remuneração do capital

Fonte: Autores.

A embarcação de 200 TEU representa, portanto, o menor porte capaz de sustentar economicamente a operação dentro das premissas adotadas e entre as alternativas efetivamente avaliadas. Abaixo desse limite, as embarcações analisadas tendem a ser insuficientes para compensar os custos totais da rota, sobretudo quando se incorporam a depreciação e o custo de oportunidade do capital investido, dois componentes frequentemente subestimados em análises simplificadas de viabilidade, mas que, como demonstrado neste modelo, respondem por parcela relevante do custo diário total da embarcação.

3.3. Análise de sensibilidade ao valor do frete

Como o resultado econômico da embarcação mínima viável apresentou margem reduzida sob o frete de referência de US$ 2.000/contêiner, testou-se a sensibilidade do modelo a uma redução de 5% nesse valor, para US$ 1.900/contêiner, mantendo-se custo e ocupação

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

inalterados. Sob essa condição, o resultado por viagem da BARBARA-B caiu de um saldo positivo de US$ 12.445 para um saldo negativo de US$ 1.555 (Tabela 7).

Tabela 7. Sensibilidade do resultado ao valor do frete

Embarcação	Frete US$ 2.000/cont. (US$)	Frete US$ 1.900/cont. (US$)	Variação absoluta (US$)
200 TEU — mínima viável	12.445	-1.555	-14.000
256 TEU	74.712	56.792	-17.920
675 TEU — máxima operacional	945.000	897.750	-47.250

Fonte: Autores.

Uma redução de apenas 5% no frete é suficiente para inverter o saldo da embarcação de menor porte, mostrando sua elevada sensibilidade a variações de mercado. As margens absolutas dessa embarcação já são pequenas mesmo sob a premissa original de frete. Na prática, isso significa que a viabilidade da rota no limite inferior de porte depende da manutenção de um frete mínimo competitivo, sem espaço para descontos comerciais ou negociações de longo prazo com margens reduzidas. Para verificar se essa fragilidade se limita ao extremo inferior ou compromete a rota de forma mais ampla, o mesmo teste foi replicado em uma embarcação de porte imediatamente superior (256 TEU) e na embarcação máxima operacional (675 TEU). A embarcação de 256 TEU manteve saldo positivo mesmo com o frete reduzido, de US$ 56.792 por viagem, e a de 675 TEU perdeu apenas 5% de margem (de US$ 945.000 para US$ 897.750), queda proporcionalmente pequena sobre uma base muito superior, que preserva amplamente a viabilidade da operação.

A fragilidade em relação às variações do frete concentra-se na embarcação de menor capacidade economicamente viável. O incremento de 56 TEU já permite restabelecer uma margem econômica positiva no cenário analisado, o que indica que a margem de segurança da rota cresce rapidamente à medida que se afasta do limite inferior de porte. Do ponto de vista prático, esse resultado sugere que, embora a embarcação de 200 TEU seja tecnicamente o limiar de equilíbrio, um operador comercial prudente deveria priorizar embarcações da ordem de 256 TEU ou superiores para absorver oscilações realistas de mercado sem comprometer a operação, recomendação que só se torna visível ao se testar explicitamente a sensibilidade do modelo, e não apenas seu resultado no cenário central.

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este artigo construiu um modelo de custos para determinar os limites operacionais de embarcações porta-contêineres compatíveis com uma rota marítima entre o Norte do Brasil e a Região das Guianas, considerando aspectos técnicos, operacionais e econômicos. Os resultados indicam que a rota é delimitada por dois fatores de natureza distinta. Do ponto de vista técnico, a restrição de calado nos portos de Dégrad des Cannes, Paramaribo e Georgetown, o mais restritivo deles (6,37 m nas marés de quadratura), estabelece um limite operacional claro: entre as embarcações analisadas, a maior embarcação compatível com a rota, de 675 TEU, atinge capacidade máxima anual de 16.200 TEU no cenário-limite hipotético de 365 dias/ano e 100% de ocupação, correspondente a apenas 12,1% da demanda de importação já movimentada pelos três portos em 2025, mostrando o quão pouco da demanda de cargas precisaria ser captado para carregar o navio. Portanto, em relação à demanda portuária existente, o fator limitante da rota não parece ser a demanda, e sim a infraestrutura portuária dos destinos, ressalvada a necessidade de estimar o mercado potencialmente acessível e a demanda efetivamente captável.

Do ponto de vista econômico, o modelo de custos aponta a embarcação BARBARA-B, de 200 TEU, como limite inferior de viabilidade entre as alternativas avaliadas, com saldo positivo de US$ 12.445 por viagem sob as premissas de frete de US$ 2.000/contêiner e 310 dias de operação anual. A análise de sensibilidade mostrou, no entanto, que essa margem é pequena: uma redução de apenas 5% no frete já inverte o resultado da BARBARA-B para um saldo negativo de US$ 1.555 por viagem, enquanto embarcações de porte imediatamente superior preservam resultado positivo sob a mesma redução. Os resultados do modelo indicam viabilidade técnica e econômica potencial para as embarcações analisadas com capacidades entre 200 e 675 TEU, condicionada à confirmação das premissas operacionais, comerciais e portuárias utilizadas. Recomenda-se, ainda, observar margem de segurança acima do limite mínimo teórico.

Como limitações, destacam-se: a análise de sensibilidade foi conduzida apenas sobre o parâmetro de frete, sem testar variações na taxa de ocupação ou no custo de combustível, dois parâmetros igualmente sujeitos a oscilações de mercado; algumas variáveis do modelo foram tratadas por estimativas médias e fixas, aplicadas uniformemente a todas as embarcações e portos, ainda que na prática possam variar conforme o operador e a condição de mercado. Também constituem limitações o frete de US$ 2.000/TEU e a taxa de ocupação de 70%, adotados como hipóteses de simulação e não como valores demonstrados para o corredor

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

proposto, bem como o fato de a demanda efetivamente captável pela rota não ter sido estimada. Os preços de aquisição, obtidos por equação calibrada com navios construídos entre 2005 e 2015, não foram atualizados para 2026, e estudos futuros devem corrigi-los por índice de preços adequado ou confrontá-los com valores de mercado.

REFERÊNCIAS

BALTICSHIPPING. **Ship Database, Ports, Vessel Tracking**. *[S. l.]*: BalticShipping, [2026]. Disponível em: https://www.balticshipping.com. Acesso em: 17 set. 2026.

BANCO CENTRAL EUROPEU. **US dollar (USD)**: ECB euro reference exchange rate. Frankfurt am Main: Banco Central Europeu, 2026. Disponível em: https://www.ecb.europa.eu/stats/policy_and_exchange_rates/euro_reference_exchange_rates/html/eurofxref-graph-usd.en.html. Acesso em: 10 ago. 2026.

BANK OF GUYANA. **National accounts / GDP data**. Georgetown: Bank of Guyana, 2024. Disponível em: https://tradingeconomics.com/guyana/gdp-growth-annual. Acesso em: 20 jun. 2026.

BEŠKOVNIK, Bojan; TWRDY, Elen. Planning organization and productivity simulation tool for maritime container terminals. **Transport**, v. 25, n. 3, p. 293-299, 2010.

BEST, Üwe S. N. *et al*. Wave attenuation potential, sediment properties and mangrove growth dynamics data over Guyana's intertidal mudflats: assessing the potential of mangrove restoration works. **Earth System Science Data**, v. 14, n. 5, p. 2445-2462, 2022.

BRASIL. Marinha do Brasil. Capitania dos Portos da Amazônia Oriental. **Portaria nº 83/CPAOR, de 6 de julho de 2023**. Belém: CPAOR, 2023.

BRASIL. Ministério do Planejamento e Orçamento. **Brasil vai intensificar, a partir da Caricom, o diálogo com os países sul-americanos sobre as rotas da integração regional**. Brasília, DF: Agência Gov/EBC, 28 fev. 2024. Disponível em: https://www.gov.br/planejamento/pt-br/assuntos/noticias/2024/fevereiro/brasil-vai-intensificar-a-partir-da-caricom-o-dialogo-com-os-paises-sul-americanos-sobre-as-rotas-da-integracao-regional. Acesso em: 2 maio 2026.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento, Indústria, Comércio e Serviços. **Resultados do comércio exterior brasileiro**. Brasília, DF: MDIC, 2025. Disponível em: https://balanca.economia.gov.br/balanca/publicacoes_dados_consolidados/pg.html. Acesso em: 4 maio 2025.

CALDEIRA, Valquíria Cardoso; LOPES, Elisangela Pereira; GASQUES, José Garcia. Infraestrutura logística do Arco Norte: características, gargalos e propostas. *In*: VIEIRA FILHO, José Eustáquio Ribeiro; GASQUES, José Garcia (org.). **Agropecuária brasileira**: evolução, resiliência e oportunidades. Rio de Janeiro: Ipea, 2023.

CASAROTTO FILHO, Nelson; KOPITTKE, Bruno Hartmut. **Análise de investimentos**. 11. ed. São Paulo: Atlas, 2010.

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

CEPOWSKI, Tomasz. An estimation of the final price of container ships based on main ship parameters with the use of ndCurveMaster curve fitting software. **New Trends in Production Engineering**, v. 1, n. 1, p. 365-370, 2018.

CMA CGM. **FAK rates**: from Asia to the French Antilles, French Guiana and St Barthelemy. Marseille: CMA CGM, 2020. Disponível em: https://www.cma-cgm.com/news/3433/fak-rates-from-asia-to-the-french-antilles-french-guiana-and-st-barthelemy. Acesso em: 10 jul. 2026.

CMA CGM. **FAK rates**: from the Mediterranean to French Guiana. Marseille: CMA CGM, 2021. Disponível em: https://www.cma-cgm.com/news/3579/fak-rates-from-the-mediterranean-to-french-guiana. Acesso em: 10 jul. 2026.

COHERENT MARKET INSIGHTS. **Marine lubricant market size, trends & forecast, 2026-2033**. *[S. l.]*: Coherent Market Insights, 2026. Disponível em: https://www.coherentmarketinsights.com/market-insight/marine-lubricant-market-481. Acesso em: 10 jul. 2026.

COMPANHIA DOCAS DE SANTANA. **Porto de Santana**. Santana, AP: CDSA, [2026]. Disponível em: https://www.docasdesantana.com.br. Acesso em: [INSERIR data de acesso].

COSTA JUNIOR, H. F.; FRANÇA, S. L. B. Metodologia para o cálculo de consumo de óleo lubrificante em motores de combustão interna de embarcações offshore. **Revista Gestão e Secretariado (GeSec)**, São Paulo, v. 14, n. 5, p. 6740-6759, 2023.

CRUZ, Scheilla Maria de Araújo; DEGOBBI, Antonio Fernando. Desempenho operacional de terminais de contêineres no Porto de Santos. **InGeTec**, v. 2, n. 5, p. 79-101, 2023.

CULLINANE, Kevin; PANAYIDES, Photis M. The use of capital budgeting techniques among UK-based ship operators. **International Journal of Maritime Economics**, v. 2, n. 4, p. 313-330, 2000.

CUNHA, W. C. **Cabotagem no Brasil**: análise de custos operacionais. 2000. Dissertação (Mestrado) – Instituto Militar de Engenharia, Rio de Janeiro, 2000.

DEPARTMENT FOR TRANSPORT. **Maritime Emissions Model**: modelling framework. London: Department for Transport, 2024. Disponível em: https://www.gov.uk/government/publications/maritime-emissions-modelling-framework. Acesso em: 18 out. 2026.

ECONDB. **Econdb**: container shipping and economic indicators. *[S. l.]*: Econdb, [2026]. Séries de movimentação portuária em TEU (importação e exportação) dos portos de Georgetown, Paramaribo e Dégrad des Cannes, 2022-2025. Disponível em: https://www.econdb.com/. Acesso em: 4 ago. 2026.

ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. **Current methodologies in preparing mobile source port-related emission inventories**: final report. Washington, DC: ICF International, 2009. Disponível em: https://www.epa.gov/moves/current-methodologies-preparing-mobile-source-port-related-emission-inventories-final-report. Acesso em: 18 out. 2026.

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

EXPAT SURINAME. **Shipping household goods to Suriname from Europe**. *[S. l.]*: *[s. n.]*, 2026. Disponível em: https://expatsuriname.com/en/articles/shipping-household-goods-to-suriname-from-europe. Acesso em: 10 jul. 2026.

FABER, J. *et al*. **Fourth IMO Greenhouse Gas Study 2020**. London: International Maritime Organization, 2020.

GRAND PORT MARITIME DE LA GUYANE. **Entretien des accès portuaires**. Rémire-Montjoly: GPMG, [2026]. Disponível em: https://portdeguyane.fr/entretien-des-acces-portuaires/. Acesso em: 1 abr. 2026.

ICONTAINERS. **Ship container to Guyana**. Barcelona: iContainers, [2026]. Disponível em: https://www.icontainers.com/ship-container/guyana/. Acesso em: 10 jul. 2026.

KHOTAMOV, Ibodulla S.; ISMOILOV, Alisher J. Estimating and forecasting trends of global export and import of goods. **Economics and Innovative Technologies**, n. 2, p. 229-236, 2020.

LOUREIRO, Emannuel S. T. P.; GOMES, Fernanda V.; PEREIRA, Breno de J. A. Análise de viabilidade à implementação de embarcações fotovoltaicas no transporte urbano de passageiros na Amazônia. *In*: CONGRESO PANAMERICANO DE INGENIERÍA NAVAL, TRANSPORTE MARÍTIMO E INGENIERÍA PORTUARIA (COPINAVAL), 27., 2022, Havana. **Anais** [...]. Havana: COPINAVAL, 2022. p. 1-15.

LUO, M.; GRIGALUNAS, T. A. A spatial-economic multimodal transportation simulation model for US coastal container ports. **Maritime Economics & Logistics**, v. 5, n. 2, p. 158-178, 2003.

MARITIME ADMINISTRATION DEPARTMENT. **Notice to Mariners No. 48 (2023)**: Demerara Main Ships' Channel. Georgetown: Ministry of Public Works, 2023.

NAKAMURA, Carolina Yuri. **Análise da viabilidade da utilização do transporte por cabotagem para a movimentação de automóveis novos no Brasil**. 2010. Dissertação (Mestrado em Economia Aplicada) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2010.

NATIONAL GEOSPATIAL-INTELLIGENCE AGENCY. **World Port Index**: Publication 150. Springfield, VA: NGA, 2026. Disponível em: https://msi.nga.mil/Publications/WPI. Acesso em: 18 out. 2026.

NEX WORLDWIDE EXPRESS. **International shipping services to French Guiana**. *[S. l.]*: *[s. n.]*, [2026]. Disponível em: https://www.shipnex.com/international-shipping/french-guiana. Acesso em: 10 jul. 2026.

NOTTEBOOM, Theo; RODRIGUE, Jean-Paul. Port hinterlands, regionalization and corridors. *In*: NOTTEBOOM, Theo; PALLIS, Athanasios; RODRIGUE, Jean-Paul. **Port economics, management and policy**. 2. ed. New York: Routledge, 2026. cap. 2.1. Disponível em: https://porteconomicsmanagement.org/port-hinterlands-regionalization/. Acesso em: 10 out. 2026.

PAIXÃO, A. C.; MARLOW, P. B. Strengths and weaknesses of short sea shipping. **Marine Policy**, v. 26, n. 3, p. 167-178, 2002.

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

PAULAUSKAS, Vytautas; PAULAUSKAS, Donatas. Comparative studies of major sea routes. **Applied Sciences**, v. 14, n. 15, art. 6437, 2024.

PIERS. **The PIERS capacity utilization report**: full year, 2011 vs. 2010. Newark, NJ: PIERS, 2012.

RAMNE, Bengt *et al*. **Vessel concepts**. v. 2.0. *[S. l.]*: NOVIMAR Consortium, 2020.

ROROFROMUSA. **Container shipping to Guyana**. Tucker, GA: All TransportDepot, [2026]. Disponível em: https://www.rorofromusa.com/container-shipping-to-guyana/. Acesso em: 10 jul. 2026.

SAGIN, Sergii V. *et al*. Use of biofuels in marine diesel engines for sustainable and safe maritime transport. **Renewable Energy**, v. 224, art. 120221, 2024.

SHIP & BUNKER. **World bunker prices**. *[S. l.]*: Ship & Bunker, 2026. Disponível em: https://shipandbunker.com/prices. Acesso em: 27 jul. 2026.

SINO SHIPPING. **Shipping from China to Guyana**. *[S. l.]*: Sino Shipping, 2026a. Disponível em: https://www.sino-shipping.com/shipping-from-china-to-guyana/. Acesso em: 10 jul. 2026.

SINO SHIPPING. **Shipping from China to Suriname**. *[S. l.]*: Sino Shipping, 2026b. Disponível em: https://www.sino-shipping.com/shipping-from-china-to-suriname/. Acesso em: 10 jul. 2026.

STOPFORD, Martin. **Maritime economics**. 3. ed. London: Routledge, 2009.

TSE, Ivy. **Navigating international shipping**: a comprehensive guide to container transport to Suriname. *[S. l.]*: FreightAmigo, 2025. Disponível em: https://www.freightamigo.com/en/blog/logistics/navigating-international-shipping-a-comprehensive-guide-to-container-transport-to-suriname/. Acesso em: 10 jul. 2026.

U.S. ENERGY INFORMATION ADMINISTRATION. **Guyana becomes key contributor to global crude oil supply growth**. Washington, DC: EIA, 2024. Disponível em: https://www.eia.gov/todayinenergy/detail.php?id=62103. Acesso em: 20 jan. 2026.

VESSELFINDER. **Live Map**: AIS Vessel Traffic and Positions. Sliven: VesselFinder, 2011. Disponível em: https://www.vesselfinder.com. Acesso em: 17 jul. 2026.

VUKIĆ, Luka; CERBÁN, María Del Mar. Economic and environmental competitiveness of container shipping on alternative maritime routes in the Asia-Europe trade flow. **Maritime Transport Research**, v. 3, art. 100070, 2022.

WAN, Zheng; GE, Jiawei; CHEN, Jihong. Energy-saving potential and an economic feasibility analysis for an Arctic route between Shanghai and Rotterdam. **Sustainability**, v. 10, n. 4, art. 921, 2018.

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.