



ConBREpro

XIV CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

I CIGELUBRA

Congresso Internacional de Gestão e Engenharia Luso-Brasileiro

04 a 06 de dezembro de 2024

Energias Limpas nas Engenharias

Simulação de Ferryboat em Florianópolis: Uma Nova Alternativa para a Mobilidade Urbana

José Danilo Castro de Oliveira

Mestrando em Engenharia de Transporte e Gestão Territorial da UFSC

Ricardo Villarroel Dávalos

Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Transporte e Gestão Territorial – UFSC

Francisco Henrique de Oliveira

Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Transporte e Gestão Territorial – UFSC

Resumo: O artigo explora a viabilidade da implementação de um sistema de ferryboats na região metropolitana de Florianópolis, com foco em dois trechos: Governador Celso Ramos-Florianópolis e Palhoça-Florianópolis. O objetivo é analisar se a inclusão de ferryboats aumentaria a eficiência do sistema de transporte da região, contribuindo para a redução do tempo de deslocamento e a otimização do fluxo de veículos, especialmente nos horários de pico.

A metodologia utilizada foi a simulação de eventos discretos, por meio do software Arena Simulation 2022, com base em dados do Plano de Mobilidade Urbana Sustentável da Grande Florianópolis (PLAMUS). Foram modelados cenários com e sem a presença do sistema de ferryboats, considerando o tempo de deslocamento nos trechos rodoviários e aquaviários.

Os resultados da simulação demonstram que a inclusão de ferryboats aumenta a eficiência do sistema de transporte, reduzindo o tempo de deslocamento e otimizando o fluxo de veículos nos trechos analisados. O modelo indicou que a utilização do ferryboat se torna mais vantajosa em cenários com maior tráfego na BR-101, especialmente no trecho Governador Celso Ramos-Florianópolis, que apresenta maior tempo de deslocamento.

O trabalho contribui para o debate sobre a mobilidade urbana na região metropolitana de Florianópolis, apresentando uma alternativa inovadora e potencialmente eficiente para o problema do tráfego, especialmente em horários de pico e em dias de eventos na ilha ou na região metropolitana.

Palavras-chave: Mobilidade Urbana, Simulação Discreta, Transporte Hidroviário, Transporte Eficiente.

Ferryboat Simulation in Florianópolis: A New Alternative for Urban Mobility

Abstract: This paper investigates the feasibility of implementing a ferryboat system in the metropolitan region of Florianópolis, focusing on two specific routes: Governador Celso Ramos-Florianópolis and Palhoça-Florianópolis. The objective is to analyze whether the inclusion of ferryboats would enhance the region's transportation system efficiency, contributing to reduced travel times and optimized vehicle flow, especially during peak hours.

The methodology employed discrete event simulation using Arena Simulation 2022 software, based on data from the Sustainable Urban Mobility Plan of Greater Florianópolis (PLAMUS). Scenarios with and without the ferryboat system were modeled, considering travel times on both road and waterway segments.

Simulation results indicate that the inclusion of ferryboats increases transportation system efficiency, reducing travel times and optimizing vehicle flow on the analyzed routes. The model suggests that the use of ferryboats becomes more advantageous in scenarios with higher traffic on BR-101, particularly on the Governador Celso Ramos-Florianópolis route, which exhibits longer travel times.

This research contributes to the debate on urban mobility in the metropolitan region of Florianópolis, presenting an innovative and potentially efficient alternative to address traffic congestion, especially during peak hours and on days with events on the island or in the metropolitan region.

Keywords: Urban Mobility, Discrete Simulation, Water Transportation, Efficient Transportation.

1. Introdução

No território catarinense, a logística eficiente é essencial para conectar regiões e impulsionar o desenvolvimento econômico. Os ferryboats, embarcações robustas e versáteis, desempenham um papel crucial na navegação hidroviária, oferecendo uma solução eficaz para o transporte de pessoas, veículos e cargas, inclusive atualmente implantada na cidade de Navegantes.

Este artigo explora a possibilidade de implantar duas estações de ferryboats, destacando sua importância no sistema intermodal na região metropolitana da grande Florianópolis, com foco especial nas cidades de Palhoça e Governador Celso Ramos, para assim aliviar a taxa de uso das vias que ligam essas cidades à Florianópolis.

O artigo focará somente na simulação no uso dos transportes automotivos individuais, deixando o transporte de pessoas e carga para posteriores publicações, partindo deste estudo ou de outros que surgirem.

Cabe salientar que grande parte dos dados obtidos para elaboração deste estudo partiram do Plano de Mobilidade Urbana Sustentável da Grande Florianópolis – PLAMUS, do seu relatório final que apresenta os resultados de um estudo sobre a mobilidade urbana na Grande Florianópolis. O estudo foi realizado pela equipe da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) e financiado pelo Banco Interamericano de Desenvolvimento(BID).

O relatório apresenta dados sobre a população, a renda, o emprego, a oferta de transporte, a demanda por transporte e a infraestrutura urbana da Grande Florianópolis. Também apresenta um diagnóstico dos problemas de mobilidade na região e propostas para a melhoria do sistema de transporte.

Apesar dos dados do PLAMUS serem focados no transporte coletivo, existem muitos dados relevantes que podem ser utilizados para outras soluções de mobilidade urbana, resultado final e proposição deste artigo.

Também foi consultado o Programa de Exploração dos Terminais Aquaviários da Região Metropolitana de Florianópolis (PETARMF), com foco em três terminais: Barreiro, Beira Mar e Miramar. O mesmo apresenta os parâmetros mínimos para gestão, operação, manutenção e investimentos na implantação desses terminais, que serão operados por uma concessionária. No entanto, é focado somente no transporte de pessoas.

2. Revisão bibliográfica

Diversos estudos (LOPES ET AL., 2011; CALABREZI, 2007) destacam a superioridade do transporte hidroviário em termos de eficiência e economia, particularmente no custo por tonelada transportada, em comparação com o modal rodoviário. A maior capacidade de carga das embarcações e o menor consumo de combustível são fatores-chave na redução dos custos operacionais.

Os estudos também demonstram que o transporte hidroviário gera menores emissões de gases de efeito estufa em relação a outros modais. Utilizar hidrovias existentes minimiza o impacto ambiental, evitando a necessidade de construir novas infraestruturas, resultando em um menor impacto ambiental.

A adequação do transporte aquaviário ao tipo de carga é outro ponto importante. Sua capacidade de transportar grandes volumes em uma única viagem torna este modal ideal para diversos tipos de carga, incluindo veículos, pessoas e mercadorias. A complementaridade com outros modais, como o rodoviário, otimiza a logística, permitindo que as vantagens de cada modal sejam aproveitadas—como a capacidade de carga das embarcações e a flexibilidade dos veículos.

Por fim, o potencial de crescimento do transporte hidroviário no Brasil e em outros países é amplamente discutido na literatura (Bertáglio, 2003). Investimentos em infraestrutura e a otimização das operações podem impulsionar o crescimento deste modal, contribuindo significativamente para o desenvolvimento econômico e social.

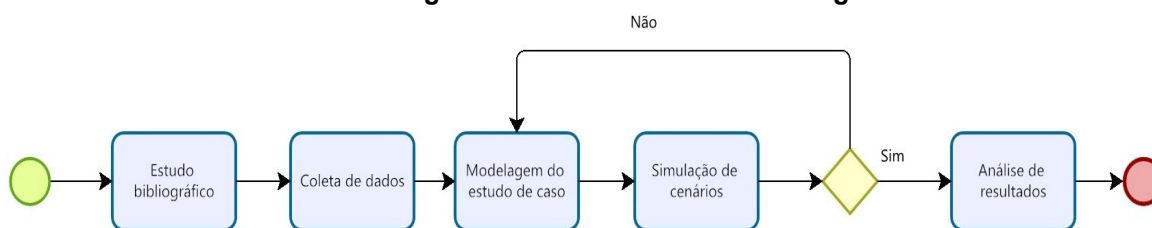
O estado de Santa Catarina, especialmente sua capital Florianópolis, possui um grande potencial econômico para a utilização do transporte multimodal na logística de pessoas e mercadorias. Como a quinta maior economia do país, Santa Catarina, com sua diversidade de setores produtivos e topografia variada, não pode depender exclusivamente do transporte rodoviário.

3. Metodologia

O procedimento metodológico para a elaboração deste artigo pode ser considerado um estudo de caso que visa investigar um fenômeno de forma aprofundada e no seu contexto real. É uma investigação empírica que pode ser utilizada para gerar conhecimento amplo e detalhado sobre um tema específico (MIGUEL, 2007).

A Figura 1 ilustra as etapas que serviram de apoio na realização deste estudo.

Figura 1 - Procedimento metodológico



Fonte: Autores.

A primeira etapa representa um estudo bibliográfico onde procurou-se conceitos importantes de simulação a eventos discretos e ferryboat. A próxima etapa dedicou-se a coleta, análise e o tratamento dos dados para a experimentação do modelo. Para isto, foram consultados o quantitativo de veículos que transitam diariamente na região metropolitana de Florianópolis no PLAMUS.

Na terceira etapa foi realizada a modelagem a eventos discretos do estudo de caso que considerou os trechos que saem da cidade Governado Celso Ramos e os da cidade de Palhoça até o centro de Florianópolis.

Na seguinte etapa foram simulados os cenários propostos e finalmente foi realizado uma análise dos resultados, utilizando da comparação entre os cenários para a análise desta proposta.

4. Estudo de caso

Foi elaborado e modelado simulações, detalhados abaixo, utilizando o Arena Simulation, um software de simulação de eventos discretos amplamente utilizado em diversas áreas, incluindo logística, manufatura, saúde e serviços. Desenvolvido pela Rockwell Automation, ele permite a criação de modelos virtuais detalhados de sistemas reais, possibilitando a análise e otimização de processos antes de sua implementação física.

Partindo dos dados do PLAMUS, principalmente no tocante ao quantitativo de veículos que transitam diariamente na região metropolitana de Florianópolis, focando nos veículos que saem da cidade Governador Celso Ramos e os da cidade de Palhoça, já que as duas cidades utilizam a mesma rodovia BR 101. Sendo os dois trechos vão se encontrar na ponte de acesso (Pedro Ivo) à ilha de Florianópolis.

Para a simulação não ficar tão complexa, não foi colocado as outras cidades no calculo, já que os dois terminais com ferryboat estarão em trechos bem próximos das cidades dos trechos acima citados, logo precisaria de mais dados coletados especificamente relacionados aqueles trechos, dados esses não contemplados no PLAMUS.

Diante disso, primeiro foi modelado e depois simulado como se comportaria a situação atual nos dois trechos até o centro de Florianópolis. Em um único dia, com o pior atraso possível. Conforme as configurações no Arena Simulation, Figura 2..

Figura 2 - Configuração da simulação discreta no Arena Simulation 2022.

Executar Setup

Estabelece as opções relacionadas a opções de replicação do modelo atual. As configurações incluem o número de replicações a serem simuladas, a duração das replicações, a data e hora de início, duração do warm-up, unidades de tempo, e tipo de inicialização a ser adotado entre as replicações.

Parâmetros de Replicação

Número de Replicações: 1

Data e Hora de Início: quarta-feira, 9 de outubro de 2024 09:40:22

Período de Warm-up: 0.0 Hours

Duração da Replicação: 1 Days

Horas por Dia: 8

Condição de Parada:

Unidade de Tempo Base: Hours

Replicações Paralelas

☒ Rodar Replicações em Paralelo ☐ Desabilitar Caixa de Diálogo de Estado das Replicações em Paralelo

Número de Processos em Paralelo: 12

Arquivos Entrada de Dados das Replicações Paralelas:

Arquivo de Dados

Adicionar

Editar

OK Cancelar Aplicar Ajuda

Fonte: Autores

Foi configurado que simulasse somente 8 horas em apenas 1 dia, assim reduzindo os erros na modelagem e chegando mais próxima do real, já que a pior situação do trânsito em Florianópolis é nos horários de picos e em dias que tem eventos na ilha, portanto não é dia inteiro, mas parte do mesmo.

O desafio na simulação era utilizar os módulos mais usados no Arena Simulation, já que existem mais material de consulta e documentação. Para a situação atual foram adicionados os módulos: Create, Process e Dispose, respectivamente denominados na modelagem:

- Rodoviario_2, gerador de veículos no trecho Governador Celso Ramos em direção ao Centro de Florianópolis;

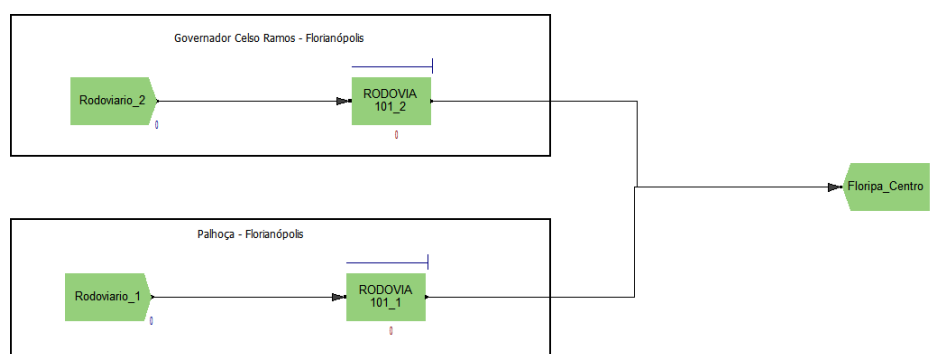
- b) RODOVIA 101_2, elemento simulado o atraso no trecho da BR 101 de Governador Celso Ramos e Florianópolis;
- c) Floripa_Centro, elemento simulando a chegada no centro de Florianópolis dos veículos que vem da cidade Governador Celso Ramos.

E mesmo foi aplicado para o trecho de Palhoça a Florianópolis alterando apenas os nomes:

- a) Rodoviario_1, gerador de veículos no trecho Palhoça em direção ao centro de Florianópolis;
- b) RODOVIA 101_1, elemento simulado o atraso no trecho da BR 101 de Palhoça e Florianópolis;
- c) Floripa_Centro, elemento simulando a chegada no centro de Florianópolis dos veículos que vem da cidade Governador Celso Ramos.

Para um melhor entendimento, segue a modelagem do sistema lógico do Arena Simulation, conforme Figura 3.

Figura 3 - Sistema lógico simulando os dois trechos objeto do estudo.



Fonte: Autores

Simulando a modelagem acima, todos os veículos gerados nas respectivas Creates (denominados Rodoviario_1 e Rodoviario_2) passam por trechos diferentes da BR 101 com atrasos diferentes também, culminando todos no centro de Florianópolis.

Analisando os dados da PLAMUS, configurou-se os Creates, conforme as figuras abaixo.

Figura 4 - Taxa de geração de veículos 27% de veículos por hora saindo do Gov. Celso Ramos.

Figura 5 - Taxa de geração de veículos 55% de veículos por hora saindo de Palhoça.

Fonte: Autores

O próximo a ser configurado foi o módulo Process, denominado RODOVIA 101_1 (trecho Palhoça-Florianópolis) e RODOVIA 101_2 (trecho Governador Celso Ramos-Florianópolis), conforme se verifica na Figura 6 (página seguinte). Sendo que no trecho 1 o tempo de atraso ficou em 35 minutos, diferente do trecho 2 (65 minutos).

Denominou-se de “Via” a opção Resources, assim poder-se-á multiplicar o recurso nas definições de Resources mais adiante na simulação. Cada via corresponderá uma faixa de rodagem da rodovia, em toda a simulação terá 2 vias para cada trecho, já que uma grande parte, saindo de Palhoça tem somente 2 faixas de rolagens e não 3 ou como alguns trechos da BR-101 tem, principalmente em São José.

Figura 6 - Configuração do módulo process na modelagem do objeto de estudo.

Fonte: Autores

Já o atraso (Delay Type) dado para cada trecho da via, que terá uma espera entre chegadas diferentes, sendo o trecho 2 (RODOVIA 101_2) seguindo uma distribuição exponencial com uma média de 65 min, e o do trecho 1 (RODOVIA 101_1) também seguirá uma distribuição exponencial mas com uma média de 35 min. Esses tempos são a média que os usuários de veículos passam percorrendo esses trechos da BR 101, principalmente nos horários de picos (6-10h e de 17h-20h) e nos dias que tem algum evento na região metropolitana de Florianópolis.

Com esses parâmetros se modela o mais próximo da realidade da situação dos trechos da BR 101 na região metropolitana de Florianópolis, simulando essa modelagem, o resultado já era o esperado, a ineficiência do sistema rodoviário, como demonstra o relatório da simulação Figura 7.

Figura 7 - Parte do relatório resultado da simulação do sistema rodoviário da região metropolitana de Florianópolis, com ênfase no identificador Via.Utilization.

Identificador	Média	Meia Largura	Mínimo	Máximo	Valor Final
Veiculo 1.WIP	4.2937	(Insuf)	.00000	11.000	11.000
Veiculo 2.WIP	8.4335	(Insuf)	.00000	18.000	18.000
Entity 1.WIP	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	.00000
Via.NumberBusy	1.9990	(Insuf)	.00000	2.0000	2.0000
Via.NumberScheduled	2.0000	(Insuf)	2.0000	2.0000	2.0000
Via.Utilization	.99951	(Insuf)	.00000	1.0000	1.0000
RODOVIA 101_2.Queue.NumberInQueue	6.8127	(Insuf)	.00000	16.000	16.000
RODOVIA 101_1.Queue.NumberInQueue	3.9155	(Insuf)	.00000	11.000	11.000

Fonte: Relatório emitido pelo software Arena Simulation 2022.

O identificador com a terminação (depois do ponto) “Utilization” diz o quando um elemento da simulação está sendo usado no momento da simulação, no caso, o elemento Via, que fora configurado para ter duas vias, as mesmas estão sendo ocupadas 99,95%. Isso significa, segundo os conceitos de gestão de operações e teoria das filas, que o sistema está ineficiente, o ideal seria entre 50% (Utilization = 0.5) a 75% (Utilization = 0.75).

Diante disso, será modelado um sistema incluindo a instalação e operação de duas estações de Ferryboat onde o sistema rodoviário fique entre 0.5 a 0.75 no identificador Utilization.

5. Resultados

Nessa seção do artigo será descrito como se deu a modelagem com a inclusão do sistema hidroviário e seu resultado, se o identificador Utilization está dentro do limite da eficiência do sistema.

Partindo do resultado da simulação do sistema rodoviário da região metropolitana de Florianópolis, idealizou a introdução de, ao menos, duas estações de Ferryboat, uma estação em cada trecho da BR 101, especificamente na região demonstrada na Figura 8.

Figura 8 - Pontos indicando onde seria as estações de Ferryboats, duas na 101, e uma no norte da ilha e outra mais ao sul da ilha, e suas respectivas hidrovias.



Fonte: Autores.

A modelagem do sistema de simulação das hidrovias e seus elementos seguiu o mesmo desafio do estudo de caso, os mesmos módulos básicos Process e Dispose, mas agora adicionado mais dois novos módulos, o Decide e o Delay, conforme o detalhamento a seguir:

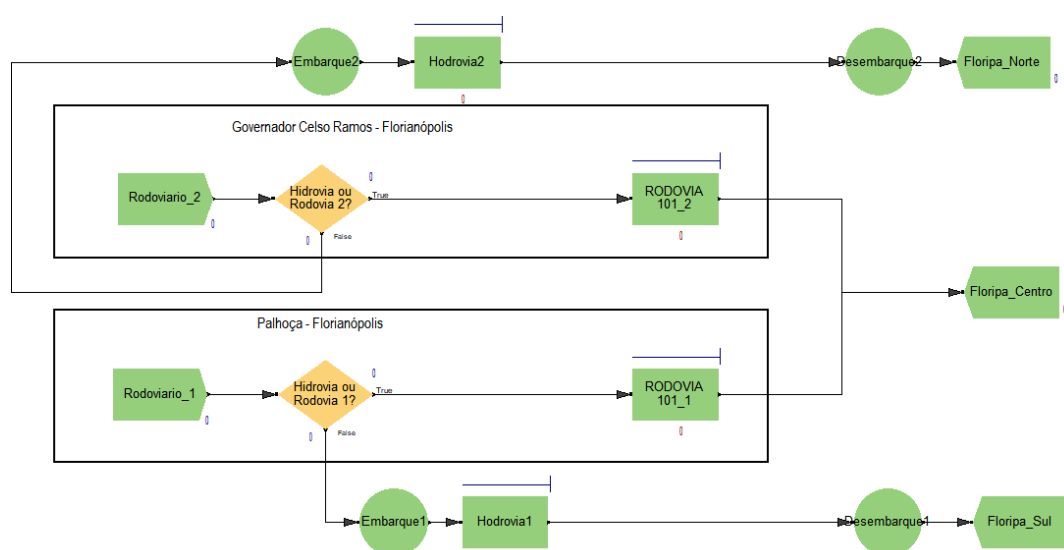
- Hidrovia ou Rodovia 2 (Decide), elemento simulado a decisão de pegar a Estação o trecho da Hidrovia2, ou seguir no trecho da BR 101_2;
- Embarque2 (Delay), elemento simulado o tempo de embarque dos veículos que vão pegar o Ferryboat na Hidrovia2;
- Hidrovia2 (Process), elemento simulado o tempo de travessia da Estação de embarque/desembarque do trecho da BR 101_2 (Governador Celso Ramos e Florianópolis) até a outra estação no norte da ilha de Florianópolis;
- Desembarque2, elemento simulado o tempo de desembarque dos veículos que chegam de Ferryboat pela Hidrovia2 até o norte da ilha de Florianópolis;
- Floripa_Norte, elemento simulando a chegada no norte de Florianópolis dos veículos que desembarca da Estação da Hidrovia2.

E mesmo foi aplicado para o trecho de Palhoça a Florianópolis alterando apenas os nomes:

- Hidrovia ou Rodovia 1 (Decide), elemento simulado a decisão de pegar a Estação o trecho da Hidrovia1, ou seguir no trecho da BR 101_1;
- Embarque1 (Delay), elemento simulado o tempo de embarque dos veículos que vão pegar o Ferryboat na Hidrovia1;
- Hidrovia1 (Process), elemento simulado o tempo de travessia da Estação de embarque/desembarque do trecho da BR 101_1 (Palhoça e Florianópolis) até a outra estação mais ao sul da ilha de Florianópolis;
- Desembarque1, elemento simulado o tempo de desembarque dos veículos que chegam de Ferryboat pela Hidrovia1 até o sul da ilha de Florianópolis;
- Floripa_Sul, elemento simulando a chegada mais ao sul de Florianópolis dos veículos que desembarca da Estação da Hidrovia1.

Logo a modelagem do sistema lógico no Arena Simulation para inclusão da hidrovia na região metropolitana de Florianópolis ficou como demonstrado na Figura 9.

Figura 9 - Sistema lógico simulando todos os elementos do objeto do estudo.



Fonte: Autores.

Os parâmetros dos módulos novos, como Decide (Hidrovia ou Rodovia 1 e Hidrovia ou Rodovia 2), Process (Hidrovia1 e Hidrovia2) e Daley (Embarque1/Desembarque1 e Embarque2/Desembarque2) ficaram conforme as Figuras 10 e 11.

Figura 10 - Parâmetros dos módulos Process.

	Name	Type	Action	Priority	Resources	Delay Type	Units	Allocation	Expression	Report Statistics	Comment
1	RODOVIA 101_1	Standard	Seize Delay Release	Medium(2)	1 rows	Expression	Minutes	Value Added	EXPO(35)	☒	
2	RODOVIA 101_2	Standard	Seize Delay Release	Medium(2)	1 rows	Expression	Minutes	Value Added	EXPO(65)	☒	
3	Hidrovia2	Standard	Seize Delay Release	High(1)	1 rows	Expression	Minutes	Value Added	TRIA(16.27 , 16.50 , 18)	☒	
4	Hidrovia1	Standard	Seize Delay Release	High(1)	1 rows	Expression	Minutes	Value Added	TRIA(9.44 , 9.60 , 11)	☒	

Fonte: Autores.

Cabe salientar que diferente dos módulos Process dos trechos das rodovias (RODOVIA 101_1 e RODOVIA 101_2), os Process dos trechos das Hidrovias (Hidrovia1 e Hidrovia2) seguirá uma distribuição triangular (Expression=TRIA(min, moda, max)), para cada trecho da hidrovia terão tempos diverso, entre o mínimo sua moda e o seu máximo:

- Hidrovia1, 9,44 minutos (velocidade máxima do ferryboat para travessia), sua moda (9,60 minutos) e sua máxima (11 minutos – atrasos no percurso da travessia);
- Hidrovia2, 16,27 minutos (velocidade máxima do ferryboat para travessia), sua moda (16,50 minutos) e sua máxima (18 minutos – atrasos no percurso da travessia).

Figura 11 - Parâmetros dos módulos Delay.

	Name	Allocation	Delay Time	Units	Comment
1	Embarque2	Wait	7	Minutes	
2	Desembarque2	Wait	4	Minutes	
3	Embarque1	Wait	7	Minutes	
4	Desembarque1	Wait	4	Minutes	

Fonte: Autores

Na simulação os únicos parâmetros que serão alterados são os do módulo Decide (Hidrovia ou Rodovia 1 e Hidrovia ou Rodovia 2), pois representará a escolha de quem está nos veículos em cada trecho da BR 101, já detalhados nos parágrafos acima.

E o identificador que será observado no resultado da simulação será o Utilization, também detalhado outrora neste artigo.

Para começar, foi definido o Decide em cada trecho onde 50% dos veículos saindo vão optar por seguir o trecho da hidrovia (Hidrovia1 e Hidrovia2). O resultado foi o esperado, entre 0.5 a 0.75, especificamente, 0.74186 (Figura 12), portanto dentro da faixa de eficiência.

Figura 12 - Parte do relatório resultado da simulação do sistema rodoviário e do sistema hidroviário da região metropolitana de Florianópolis, com ênfase no identificador Via.Utilization (Decide: 50%/50%).

Identificador	Média	Meia Largura	Mínimo	Máximo	Valor Final
Veiculo 1.WIP	.90218	(Insuf)	.00000	4.0000	3.0000
Veiculo 2.WIP	3.5912	(Insuf)	.00000	10.000	4.0000
Via.NumberBusy	1.4837	(Insuf)	.00000	2.0000	2.0000
Via.NumberScheduled	2.0000	(Insuf)	2.0000	2.0000	2.0000
Via.Utilization	.74186	(Insuf)	.00000	1.0000	1.0000
Ferryboat1.NumberBusy	.19263	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000
Ferryboat1.NumberScheduled	1.0000	(Insuf)	1.0000	1.0000	1.0000
Ferryboat1.Utilization	.19263	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000
Ferryboat2.NumberBusy	.36700	(Insuf)	.00000	1.0000	1.0000
Ferryboat2.NumberScheduled	1.0000	(Insuf)	1.0000	1.0000	1.0000
Ferryboat2.Utilization	.36700	(Insuf)	.00000	1.0000	1.0000
Hidrovia2.Queue.NumberInQueue	.10019	(Insuf)	.00000	2.0000	.00000
RODOVIA 101_2.Queue.NumberInQueue	1.6692	(Insuf)	.00000	6.0000	1.0000
RODOVIA 101_1.Queue.NumberInQueue	.18717	(Insuf)	.00000	3.0000	3.0000
Hidrovia1.Queue.NumberInQueue	.04349	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000

Fonte: Relatório emitido pelo software Arena Simulation 2022.

Outras simulações, reduzindo 10 pontos percentuais para cada lada dos trechos, ficavam em torno de 0.71, o mais ideal ficou com Decide = 33% (Hidrovia ou Rodovia 2?, Figura 13) para o trecho com maior tempo de atraso na rodovia 101 (RODOVIA 101_2).

Apesar do percurso da Hidrovia2 ser maior, no entanto é bem mais rápido ir ao norte da ilha de ferryboat do que ir pela rodovia 101, conforme indica o relatório na figura 14.

Figura 13 - Configurações dos parâmetros dos Decide (Hidrovia ou Rodovia 2? e Hidrovia ou Rodovia 1?).

	Name	Type	Percent True	Comment
1	Hidrovia ou Rodovia 2?	2-way by Chance	33	
2	Hidrovia ou Rodovia 1?	2-way by Chance	50	

Fonte: Autores.

Figura 1: Figura 14 - Parte do relatório resultado da simulação do sistema rodoviário e do sistema hidroviário da região metropolitana de Florianópolis, com ênfase no identificador Via.Utilization (Decide: 33%/50%).

Identificador	Média	Meia Largura	Mínimo	Máximo	Valor Final
Veiculo 1.WIP	.58101	(Insuf)	.00000	2.0000	.00000
Veiculo 2.WIP	2.0607	(Insuf)	.00000	6.0000	3.0000
Via.NumberBusy	1.4062	(Insuf)	.00000	2.0000	1.0000
Via.NumberScheduled	2.0000	(Insuf)	2.0000	2.0000	2.0000
Via.Utilization	.70313	(Insuf)	.00000	1.0000	.50000
Ferryboat1.NumberBusy	.10320	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000
Ferryboat1.NumberScheduled	1.0000	(Insuf)	1.0000	1.0000	1.0000
Ferryboat1.Utilization	.10320	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000
Ferryboat2.NumberBusy	.41829	(Insuf)	.00000	1.0000	1.0000
Ferryboat2.NumberScheduled	1.0000	(Insuf)	1.0000	1.0000	1.0000
Ferryboat2.Utilization	.41829	(Insuf)	.00000	1.0000	1.0000
Hidrovia2.Queue.NumberInQueue	.23569	(Insuf)	.00000	3.0000	.00000
RODOVIA 101_2.Queue.NumberInQueue	.06633	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000
RODOVIA 101_1.Queue.NumberInQueue	.01682	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000
Hidrovia1.Queue.NumberInQueue	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	.00000

Fonte: Relatório emitido pelo software Arena Simulation 2022.

Outras variáveis, como mais dados de veículos saindo das cidades mais próximo das estações de ferryboats dos trechos da BR 101 (que infelizmente não se tem nos dados da PLAMUS), colocadas no sistema de simulação deste artigo, poderá refiná-los, assim surgindo novas questões e soluções.

6. Conclusões

Portanto, o artigo abordou a viabilidade da implementação de um sistema de ferryboats na região metropolitana de Florianópolis como alternativa para o transporte individual de veículos, com foco em dois trechos: Governador Celso Ramos-Florianópolis e Palhoça-Florianópolis.

O objetivo geral foi analisar se a inclusão de ferryboats aumentaria a eficiência do sistema de transporte da região, contribuindo para a redução do tempo de deslocamento e a otimização do fluxo de veículos, especialmente nos horários de pico.

A metodologia utilizada foi a simulação de eventos discretos, por meio do software Arena Simulation 2022, com base em dados do Plano de Mobilidade Urbana Sustentável da Grande Florianópolis (PLAMUS). Foram modelados cenários com e sem a presença do sistema de ferryboats, considerando o tempo de deslocamento nos trechos rodoviários e aquaviários.

Os resultados da simulação demonstram que a inclusão de ferryboats aumenta a eficiência do sistema de transporte, reduzindo o tempo de deslocamento e otimizando o fluxo de veículos nos trechos analisados. O modelo indicou que a utilização do ferryboat se torna mais vantajosa em cenários com maior tráfego na BR-101, especialmente no trecho Governador Celso Ramos-Florianópolis, que apresenta maior tempo de deslocamento.

O trabalho contribui para o debate sobre a mobilidade urbana na região metropolitana de Florianópolis, apresentando uma alternativa inovadora e potencialmente eficiente para o problema do tráfego, especialmente em horários de pico e em dias de eventos na ilha ou na região metropolitana.

A pesquisa apresenta algumas limitações, como a simplificação do modelo, que não considera outros modais de transporte e variáveis como custos, infraestrutura e impacto ambiental. Além disso, o estudo se concentra no transporte individual de veículos, não avaliando o impacto do sistema de ferryboats no transporte público e de cargas.

Sugestão para trabalhos futuros:

- 1) Incluir outros modais de transporte, como ônibus, bicicletas e pedestres, além de variáveis como custos de implementação e operação, impacto ambiental e capacidade máxima das embarcações.
- 2) Expandir a análise para outros trechos da região metropolitana de Florianópolis, avaliando a viabilidade do sistema de ferryboats em diferentes localidades.
- 3) Avaliar a integração do sistema de ferryboats com outros modais de transporte, como ônibus e ciclovias, para criar um sistema de transporte mais eficiente e sustentável.
- 4) Analisar o impacto socioeconômico da implementação do sistema de ferryboats, considerando a geração de empregos, o desenvolvimento do turismo e a valorização imobiliária.

Referências

LOGIT ENGENHARIA CONSULTIVA; STRATEGY&; MACHADO MEYER SENDACZ E OPICE ADVOGADOS. **Plano de Mobilidade Urbana Sustentável da Grande Florianópolis - PLAMUS / Florianópolis: Logit Engenharia Consultiva – 2015.** 149p. ISBN 978-85-69793-01-4. Disponível em: <<https://www.sudesc.sc.gov.br/plano-de-mobilidade-urbana-sustentavel-da-grande-florianopolis-plamus/>> Acesso em: 20 set. 2024.

LOPES, H. dos S.; DO CARMO, B. B. T.; DUTRA, N. G. S.; PONTES, H. L. J.. **SIMULAÇÃO DO TRANSPORTE DE MINÉRIO DE FERRO NA HIDROVIA DO ARAGUAIA-TOCANTINS.** Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR. Paraná – Brasil. Revista Gestão Industrial: ISSN 1808-0448 / v. 07, n. 01: p. 43-71, 2011.

BOTTER, R. C. **Introdução às técnicas de simulação e ao programa Arena.** PECE. São Paulo. 2001.

MIGUEL, P. A. C. **Estudo de caso na engenharia de produção: estruturação e recomendações para sua condução.** Production, v. 17, n. 1, p. 216-229, 2007.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DOS TRANSPORTES. **Pesquisa aquaviários**. CNT. São Paulo, 2002. 49 p.

AGÊNCIA NACIONAL DOS TRANSPORTES TERRESTRES – ANTT. **Assessoria de comunicação social: números do setor**. Brasília, 2004. Acesso em 13 de maio de 2008.

MINISTÉRIO DOS TRANSPORTES. **Transportes**. Disponível em: <<https://www.gov.br/transportes/pt-br>>. Acesso em: 20 out. 2024.

LAW, A. M.; KELTON, W. D. **Simulation modeling and analysis**. 3. ed. Boston: McGraw-Hill, 2000.

BANKS, J.; CARSON II, J. S.; NELSON, B. L. **Discrete-event system simulation**. 2. Ed. New Jersey: Prentice Hall, 1996.

ANDRADE, E. L. **Introdução a pesquisa operacional**. 3ª Ed. Rio de Janeiro: LTC, 2004.

BALLOU, R. H. Gerenciamento da cadeia de suprimentos: planejamento, organização e logística empresarial. Ed. Bookman, São Paulo, 2001.

BERTÁGLIA, P. R. **Logística e gerenciamento da cadeia de abastecimento**. São Paulo: Saraiva, 2003.

CHRISTOPHER, M. **Logística e gerenciamento da cadeia de suprimentos: criando redes que agregam valor**. São Paulo: Cengage Training, 2009.

FARIA, A. C. ; COSTA, M. F. G. **Gestão de custos logísticos**. 1. ed. Sao Paulo: Atlas, 2005.

CALABREZI S. R. da S. **A multimodalidade para o transporte de cargas: identificação de problemas em terminais visando à integração dos modais aéreo e rodoviário**. (Dissertação de Mestrado). Universidade Estadual de Campinas. Campinas, 2007.

HARREL, C. R. et.al. **Simulação otimizando sistemas**. 2ª Ed. São Paulo: IMAN, 2002.

LOBATO, D. C. **Proposta de um ambiente de simulação e aprendizado inteligente para RAID**. (Dissertação de Mestrado). USP, São Carlos, SP. Abril, 2000.