



03 a 05 de dezembro de 2025

As Engenharias na Transformação Digital das PMEs

Eficiência Logística de Centros de Distribuição de Itens Humanitários em Santa Catarina: Alocação Atual e Cenários Alternativos via Simulação Computacional

Sheila Isabel Cachimo Machude Mulina

Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Transportes e Gestão Territorial – PPGTG/UFSC

Ricardo Villarroel Dávalos

Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Transportes e Gestão Territorial – PPGTG/UFSC

Resumo: A crescente frequência de desastres naturais exige redes de resposta cada vez mais eficientes. Neste contexto, a Logística Humanitária (LH) desempenha um papel crítico, onde a localização estratégica de Centros de Distribuição (CELOGs) impacta diretamente a agilidade do atendimento. O estado de Santa Catarina, com seu histórico de vulnerabilidade, possui uma rede logística cuja eficiência em cenários de crise precisa ser avaliada. O presente artigo tem como objetivo avaliar, por meio de simulação computacional, o impacto da reconfiguração da rede de CELOGs da Defesa Civil de Santa Catarina no tempo de resposta (*lead time*) em um cenário de desastre. Para isso, foi utilizado um modelo de simulação de eventos discretos para comparar o desempenho da rede atual (Cenário de Referência) com dois cenários alternativos (Chapecó e Criciúma), sob condições normais e pessimistas (90% da infraestrutura comprometida), utilizando dados reais do evento de 2022. Os resultados indicam que, embora o desempenho seja similar em condições normais, os cenários alternativos demonstraram um aumento significativo na resiliência da rede em situação de crise. A configuração com um CELOG em Criciúma, por exemplo, apresentou uma redução de 25% no tempo de resposta para a região Sul em comparação com a rede atual. Conclui-se que a reconfiguração estratégica dos CELOGs, baseada em estudos de otimização, é uma medida eficaz para aumentar a resiliência da resposta a desastres no estado.

Palavras-chave: Logística Humanitária, Simulação de Eventos Discretos, Localização de Instalações, Resposta a Desastres, Santa Catarina.

Logistical Efficiency of Humanitarian Aid Distribution Centers in Santa Catarina: Current Allocation and Alternative Scenarios via Computational Simulation

Abstract: The increasing frequency of natural disasters demands ever more efficient response networks. In this context, Humanitarian Logistics (HL) plays a critical role, where the strategic location of Distribution Centers (DCs) directly impacts the agility of the response. The state of Santa Catarina, with its history of vulnerability, has a logistics network whose efficiency in crisis scenarios needs to be assessed. This paper aims to evaluate, through computational simulation, the impact of reconfiguring the Civil Defense DC network in Santa Catarina on the response time (*lead time*) in a disaster scenario. For this purpose, a discrete-event simulation model was used to compare the performance of the current network (Reference Scenario) with two alternative scenarios (Chapecó and Criciúma), under normal and pessimistic conditions (90% of the

infrastructure compromised), using real data from the 2022 event. The results indicate that, although performance is similar under normal conditions, the alternative scenarios showed a significant increase in network resilience in a crisis situation. The configuration with a DC in Criciúma, for example, showed a 25% reduction in response time for the southern region compared to the current network. It is concluded that the strategic reconfiguration of DCs, based on optimization studies, is an effective measure to increase disaster response resilience in the state

Keywords: Humanitarian Logistics, Discrete-Event Simulation, Facility Location, Disaster Response, Santa Catarina.

1. Introdução

Eventos climáticos extremos, como as inundações que atingiram o Rio Grande do Sul em 2024, têm se tornado mais frequentes e intensos, evidenciando a criticidade das operações de resposta a desastres (MOSER *et al.*, 2024). De janeiro a abril de 2022, o Brasil registrou prejuízos superiores a R\$ 72 bilhões decorrentes de desastres, com o estado de Santa Catarina figurando entre os mais afetados (CINI; DÁVALOS, 2022). Entre 1991 e 2010, o estado catarinense concentrou 12,2% de todas as catástrofes ocorridas no país, o que o coloca em uma posição de vulnerabilidade histórica (CATRIB; DÁVALOS, 2021b). Neste contexto, a Logística Humanitária (LH) assume um papel imprescindível, sendo que cerca de 80% dos esforços de mitigação de desastres são destinados a atividades logísticas (TRUNICK, 2005, apud CATRIB; DÁVALOS, 2021b).

A eficácia dessa resposta está diretamente ligada à eficiência da rede de distribuição de suprimentos, pois uma logística ágil é capaz de reduzir impactos e salvar vidas (CINI; DÁVALOS, 2022). Uma rede com centros de distribuição (CELOGs) mal posicionados pode resultar em atrasos críticos na entrega de itens essenciais. A Secretaria de Estado da Defesa Civil de Santa Catarina (SEDEC-SC) opera uma rede de três CELOGs, localizados em Joaçaba, São José (representando a Grande Florianópolis) e Rio do Sul (MOSER *et al.*, 2024). Estudos anteriores, como o de Moser *et al.* (2024), já quantificaram a alta vulnerabilidade desta configuração em cenários de crise, nos quais os tempos de resposta podem dobrar. Surge, assim, o problema de pesquisa: como a reconfiguração estratégica da rede de CELOGs, com base em localizações academicamente otimizadas, poderia impactar a resiliência e a eficiência da resposta a desastres em Santa Catarina?

O objetivo deste artigo é, portanto, avaliar, por meio de simulação computacional, o impacto da reconfiguração da rede de Centros de Distribuição da Defesa Civil de Santa Catarina no tempo de resposta (*lead time*) em um cenário de desastre. Para isso, utiliza-se um modelo de simulação de eventos discretos, adaptado de Silva (2017), para comparar o desempenho da rede atual com cenários alternativos que incluem CELOGs em Chapecó e Criciúma, locais sugeridos em estudos de otimização (CINI; DÁVALOS, 2022; MAZERA, 2022).

Este artigo está estruturado em cinco seções. A seção 2 apresenta o referencial teórico. A seção 3 detalha a metodologia, o estudo de caso e os cenários. A seção 4 apresenta e discute os resultados da simulação. Por fim, a seção 5 expõe as conclusões.

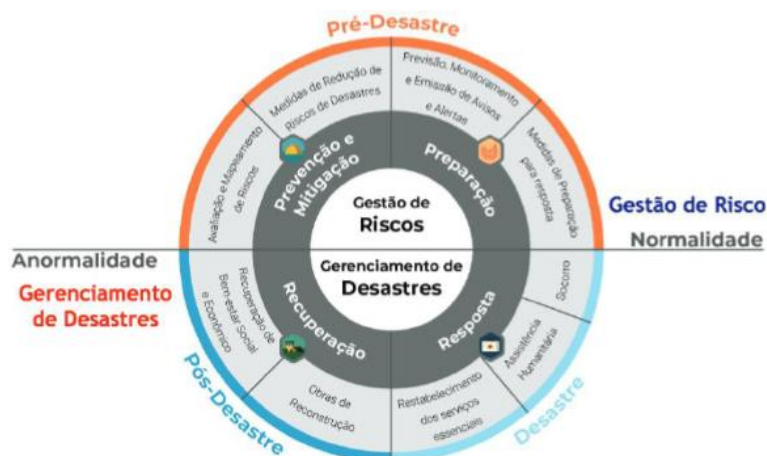
2. Referencial Teórico

Nesta seção são apresentadas as principais fontes, obras e referências consultadas, relacionadas ao tema da pesquisa.

2.1. Logística Humanitária e Desastres

A Logística Humanitária (LH) consiste nos processos e sistemas envolvidos na mobilização de pessoas, recursos e conhecimentos para ajudar comunidades vulneráveis (LEIRAS, 2017). Diferente da logística comercial, a LH opera em um ambiente de extrema incerteza, com infraestrutura danificada e urgência temporal, onde o objetivo principal é a minimização do sofrimento e a resposta rápida para salvar vidas (BALCIK *et al.*, 2010). O gerenciamento de desastres é tipicamente dividido em um ciclo contínuo, conforme ilustrado na Figura 1, que abrange fases de pré-desastre (prevenção, preparação) e pós-desastre (resposta, recuperação) (FREITAS *et al.*, 2023). Este estudo foca na fase de Resposta, na qual a agilidade da distribuição (*last-mile distribution*) é um dos fatores mais críticos e complexos para o sucesso da operação humanitária (BALCIK *et al.*, 2010).

Figura 1 – Ciclo de Gerenciamento de Desastres.



Fonte: Freitas *et al.* (2023)

2.2. Localização de Centros Logísticos

A localização de instalações é uma decisão estratégica de longo prazo que define a estrutura de uma cadeia de suprimentos e impacta diretamente sua eficiência. No contexto da LH, a decisão de onde pré-posicionar estoques em Centros de Distribuição (CDs) é uma das principais estratégias da fase de Preparação do ciclo de desastres, visando reduzir o tempo de resposta durante a crise (KOVÁCS; SPENS, 2007). Um dos métodos clássicos para resolver problemas de localização é o modelo da p-mediana, cujo objetivo é determinar a localização de 'p' instalações de forma a minimizar a soma ponderada das distâncias entre as instalações e os pontos de demanda (CINI; DÁVALOS, 2022). Estudos como os de Mazera (2022) e Cini e Dávalos (2022) aplicaram modelos de otimização para sugerir localizações estratégicas para CELOGs em Santa Catarina, servindo de fundamento para a proposição dos cenários alternativos deste artigo.

2.3. Simulação Computacional

A simulação de eventos discretos é uma técnica que permite criar um modelo computacional de um sistema real para conduzir experimentos e avaliar seu comportamento ao longo do tempo (BANKS *et al.*, 2010). Sua grande vantagem é a capacidade de testar cenários hipotéticos (*"what-if"*) de forma segura e econômica, sendo especialmente útil para analisar sistemas complexos e com variáveis aleatórias, como as operações de LH (BANKS *et al.*, 2010). O software Arena é uma ferramenta amplamente

utilizada para este fim, permitindo a modelagem de fluxos de processos, gargalos e tempos de espera de forma visual e robusta (KELTON *et al.*, 2014). O trabalho de Moser *et al.* (2024), ao utilizar a simulação em Arena para analisar a rede de CELOGs de Santa Catarina no desastre de 2022, estabelece o precedente metodológico direto para a presente pesquisa.

3. Materiais e Métodos

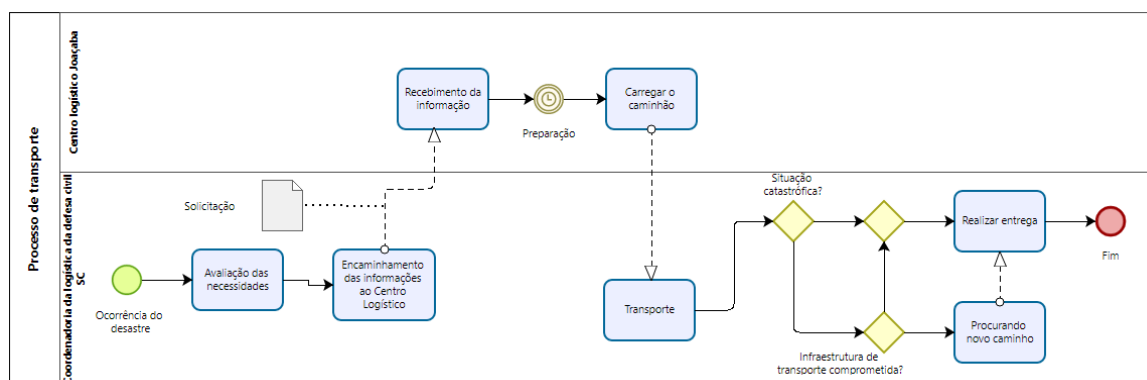
Quanto aos seus fins, esta pesquisa classifica-se como aplicada, pois visa a solução de um problema prático, e exploratória, por investigar cenários logísticos alternativos para gerar novas percepções sobre o tema (GIL, 2008; VERGARA, 2000). A abordagem do problema é quantitativa, uma vez que se fundamenta na análise de dados numéricos por meio de simulação computacional para testar as hipóteses de forma objetiva (MARCONI; LAKATOS, 2003).

Como procedimento técnico, adota-se o estudo de caso, que consiste na investigação de um fenômeno contemporâneo dentro de seu contexto real (YIN, 2005). Este método permite um estudo profundo e exaustivo do objeto, neste caso, a operação logística da Defesa Civil de Santa Catarina durante o desastre de 2022, viabilizando uma análise detalhada de sua complexidade (MARCONI; LAKATOS, 2003). Toda a estrutura metodológica, incluindo o modelo de simulação e a delimitação do estudo de caso, foi desenvolvida a partir de uma adaptação e aprofundamento dos trabalhos fundamentais de Silva *et al.* (2017) e Moser *et al.* (2024).

3.1. Modelo Conceitual

O modelo conceitual que fundamenta a simulação foi adaptado do trabalho de Silva (2017), que modelou o processo de transporte de itens de assistência humanitária da Defesa Civil de Santa Catarina utilizando simulação de eventos discretos. A adoção deste modelo, ilustrado na Figura 2, garante a consistência metodológica com estudos subsequentes, como o de Moser *et al.* (2024), que aplicou a mesma base conceitual para a análise de desastres mais recentes.

Figura 2 – Modelo Conceitual do Processo de Transporte em Notação BPMN.



Fonte: Moser *et al.* (2024), adaptado de Silva *et al.* (2017)

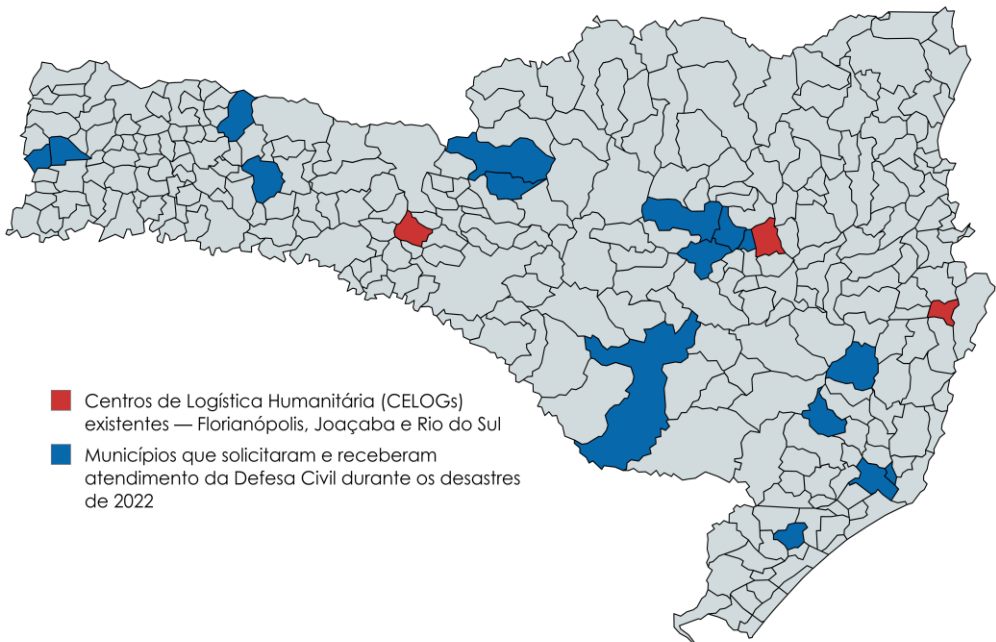
Conforme explicado por Moser *et al.* (2024), o fluxo inicia-se a partir da ocorrência do desastre, quando é feita a avaliação das necessidades e o encaminhamento das informações ao centro logístico (CELOG). Em seguida, no CELOG, ocorre a fase intermediária de preparação e carregamento do caminhão com os itens necessários. A etapa final de transporte leva em consideração a decisão de atraso na entrega,

dependendo das condições da infraestrutura, até a realização da entrega no município necessitado.

3.2. Estudo de Caso e Coleta de Dados

O estudo de caso foca na operação logística real da Defesa Civil de Santa Catarina (SEDEC/SC) em resposta aos eventos de chuvas intensas ocorridos em 2022. Esta abordagem permitiu ancorar a simulação em um cenário concreto de demanda, utilizando dados validados, conforme documentado por Moser *et al.* (2024) . A Figura 3 ilustra a distribuição geográfica dos municípios que solicitaram e receberam itens de assistência humanitária durante este período, evidenciando a abrangência do desafio logístico.

Figura 3 – Municípios atendidos pela Defesa Civil de SC no evento de 2022.



Fonte: Os autores (2025)

Os dados primários de demanda da pesquisa correspondem aos registros históricos de itens de assistência humanitária (IAH) solicitados e entregues durante os eventos de 2022. A partir destes registros, foram geradas as funções de probabilidade para as quantidades de itens, detalhadas na Tabela 1, as mesmas utilizadas no estudo de Moser *et al.* (2024) . Esta base de dados de demanda, com valores expressos em unidades, foi mantida como fixa para todos os cenários.

Tabela 1 - Funções de probabilidade de itens humanitários entregues pelos CDs no ano 2022 em SC.

Itens humanitários	Funções
Colchão solteiro	TRIA(0.999, 55.9, 770)
Kit acomodação solteiro	TRIA(0.999, 105, 1.46e+03)
colchão casal	TRIA(2, 49.6, 669)
Kit acomodação casal	TRIA(2, 70.1, 819)

Fonte: Moser et al. (2024)

O tratamento dos dados de tempo de transporte e a alocação dos municípios variaram conforme o cenário. Para o Cenário de Referência, foram utilizadas as funções de probabilidade de tempo de entrega em minutos, já consolidadas no estudo de Moser *et al.* (2024), conforme detalhado na Tabela.

Tabela 2 – Funções de probabilidade dos tempos de entrega para o cenário de referência.

Centro logístico	Funções
CELOG - JOAÇABA	TRIA(90, 106, 250)
CELOG - FLORIPA	TRIA(110, 110, 170)
CELOG - RIO DO SUL	TRIA(5, 16, 115)

Fonte: Moser et al. (2024)

Já para os Cenários Alternativos (Criciúma e Chapecó), foi necessário um novo levantamento de dados. As distâncias rodoviárias entre os novos endereços propostos e cada município afetado foram obtidas via *Google Maps*. Estes dados foram então processados na ferramenta *Input Analyser* do Arena para gerar as novas funções de probabilidade para os tempos de transporte, apresentadas na Tabela 3. Com base nestes novos tempos, cada município foi realocado ao CELOG que apresentasse o menor percurso, garantindo que a rede em cada cenário fosse testada em sua configuração melhorada.

Tabela 3 – Funções de probabilidade dos tempos de entrega para os Cenários Alternativos.

2 CELOGS + 1 em CRICIÚMA		2 CELOGS + 1 em CHAPECÓ	
Centro logístico	Funções	Centro logístico	Funções
CELOG - JOAÇABA	TRIA(90, 106, 250)	CELOG - FLORIPA	TRIA(110, 110, 170)
CELOG - RIO DO SUL	TRIA(5, 12.3, 115)	CELOG - RIO DO SUL	TRIA(5, 12.3, 115)
CELOG - CRICIÚMA	TRIA(30, 48, 150)	CELOG - CHAPECÓ	TRIA(40, 189, 205)

Fonte: Os autores (2025)

3.3. Definição dos Cenários de Simulação

Esta seção detalha a configuração das redes logísticas testadas e a justificativa para a escolha dos cenários alternativos.

3.3.1. Justificativa para a Seleção dos Cenários Alternativos

A seleção dos municípios para os cenários alternativos foi fundamentada nos resultados de estudos de otimização de localização que, utilizando o método da P-mediana, apontaram para a importância estratégica de outras regiões do estado. O trabalho de Mazera (2022) identificou o município de Xanxerê (Oeste) como uma localização ótima. Similarmente, o estudo de Cini e Dávalos (2022) apontou tanto Chapecó (Oeste) quanto Criciúma (Sul) como localizações ideais em diferentes configurações de rede. Com base nestas evidências, os municípios de Chapecó e Criciúma foram escolhidos para este estudo por representarem soluções robustas e academicamente embasadas para as vulnerabilidades logísticas das regiões Oeste e Sul de Santa Catarina.

3.3.2. Configuração da Rede Logística para os Cenários

Devido a restrições do modelo computacional base, que suporta apenas três nós logísticos simultâneos, adotou-se uma estratégia de reconfiguração de rede para os testes. As três configurações avaliadas foram: **Cenário de Referência**: Simula a rede logística atual, com três CELOGs localizados em Joaçaba, São José (representando Florianópolis) e Rio do Sul. **Cenário Chapecó**: Propõe uma reconfiguração da rede com CELOGs em Chapecó, Florianópolis e Rio do Sul. O endereço do novo CELOG foi definido na sede da Defesa Civil municipal de Chapecó e o **Cenário Criciúma**: Avalia uma rede com CELOGs em Joaçaba, Criciúma e Rio do Sul. O endereço do novo CELOG foi definido na sede da Prefeitura Municipal de Criciúma.

3.4. Parâmetros da Simulação

Para cada uma das três configurações de rede, foram simuladas duas condições distintas de infraestrutura de transporte: a Situação Normal, com 100% das rotas operacionais, e o Cenário Pessimista, simulando um desastre de grande magnitude onde 90% das rotas estão comprometidas. Todas as simulações foram executadas no software Arena, com 10 replicações para cada cenário e um horizonte de tempo de 14 dias (336 horas), parâmetros validados por Silva *et al.* (2017) .

4. Simulação e Resultados

A partir da metodologia e dos cenários definidos, as simulações foram executadas para quantificar e comparar o desempenho de cada configuração de rede logística. Esta seção detalha o funcionamento do modelo computacional, apresenta os resultados obtidos para cada cenário e discute as implicações para a resiliência da resposta a desastres.

4.1. Modelo Computacional

O modelo computacional foi desenvolvido no software Arena (Rockwell Automation), adaptando a estrutura originalmente proposta por Silva *et al.* (2017) e também utilizada por Moser *et al.* (2024) . A dinâmica da simulação representa o fluxo de atendimento de cada CELOG. Para cada centro, uma entidade de demanda é criada e passa por uma série de módulos que representam o processo. Primeiramente, um módulo *Assign* atribui as quantidades de itens solicitados, utilizando as funções de probabilidade de demanda (apresentadas na Tabela 1). Em seguida, um módulo *Delay* representa o tempo de transporte, utilizando as funções de probabilidade de tempo de entrega (Tabelas 2 e 3). Um módulo *Decide* é utilizado para simular o impacto na infraestrutura, verificando se a rota está comprometida conforme o percentual definido em cada cenário (normal ou pessimista). Caso a rota esteja danificada, a simulação aplica um tempo de atraso adicional. Ao final do percurso, um módulo *Record* registra o tempo total transcorrido, que corresponde ao lead time de atendimento.

4.2. Análise do Cenário de Referência

O Cenário de Referência simula a operação da rede logística atual da Defesa Civil. A Tabela 4 apresenta os *lead times* obtidos para as 10 replicações nas condições normal e pessimista. Em situação normal, observa-se um desempenho estável, com tempos médios de resposta entre 21 e 22,22 horas. Contudo, a análise do cenário pessimista revela a alta vulnerabilidade da configuração atual: o tempo de resposta dos CELOGs de Joaçaba e Florianópolis praticamente dobra, com aumentos de 99,73% e

96,18%, respectivamente. Este dado quantifica o elevado risco operacional do sistema vigente quando confrontado com um desastre de grande magnitude.

Tabela 4 – Análise Comparativa do Cenário de Referência.

Lead Time (h)	Situação normal			Cenário otimista		
	CELOG - JOAÇABA	CELOG - FLORIPA	CELOG - RIO DO SUL	CELOG - JOAÇABA	CELOG - FLORIPA	CELOG - RIO DO SUL
1	21,63	21,58	20,58	54,85	45,58	27,02
2	23,22	22,25	21,22	61,40	39,83	28,98
3	22,30	21,04	20,56	40,67	38,01	25,69
4	21,75	23,03	20,70	40,40	40,74	29,49
5	21,78	21,84	21,09	35,56	44,02	23,85
6	22,07	21,69	20,51	41,59	44,92	27,33
7	22,78	22,21	21,88	35,30	47,53	41,64
8	23,08	23,18	21,34	45,95	36,46	31,38
9	21,46	21,78	21,50	43,13	57,17	29,08
10	22,09	21,08	20,58	44,94	36,69	24,86
Médias	22,22	21,97	21,00	44,38	43,09	28,93
Variação %				+99.73%	+96.18%	+37.76%

Fonte: Os autores (2025)

4.3. Análise do Cenário Criciúma

O Cenário Criciúma avalia a reconfiguração da rede com a inclusão de um CELOG no sul do estado. Os resultados detalhados são apresentados na Tabela 5. Em situação normal, o desempenho é similar ao Cenário de Referência. No entanto, em cenário pessimista, a vantagem desta configuração torna-se evidente. O lead time médio do novo CELOG de Criciúma (32,23 horas) representa uma redução de 25,2% em comparação com o tempo que o CELOG de Florianópolis levou no Cenário de Referência (43,10 horas), validando a hipótese de que um centro de distribuição posicionado mais ao sul aumenta a resiliência da resposta para aquela região.

Tabela 5 – Análise Comparativa do Cenário Criciúma.

Lead Time (h)	Situação Normal			Cenário Pessimista		
	CELOG - JOAÇABA	CELOG - CRICIÚMA	CELOG - RIO DO SUL	CELOG - JOAÇABA	CELOG - CRICIÚMA	CELOG - RIO DO SUL
1	23.35	20.79	20.27	50.47	33.54	29.16
2	22.15	22.06	20.83	34.54	39.11	28.88
3	21.93	20.69	20.64	43.01	27.10	25.63
4	22.94	21.44	20.65	35.78	29.16	35.88
5	21.19	20.97	20.79	46.72	34.30	25.50
6	22.00	21.59	20.60	43.37	34.77	25.99
7	23.89	20.42	21.54	33.20	28.98	26.25
8	22.83	21.75	21.00	49.78	29.75	29.09
9	22.09	21.77	21.40	47.98	36.24	25.89
10	21.74	21.72	20.69	37.86	29.35	27.67
Médias	22.41	21.32	20.84	42.27	32.23	27.99
Variação %				+88.62%	+51.17%	+34.31%

Fonte: Os autores (2025)

4.4. Análise do Cenário Chapecó

O Cenário Chapecó, cujos resultados estão na Tabela 6, testa a inclusão de um CELOG na região Oeste. Novamente, em situação normal, os resultados são consistentes com os demais cenários. Em condição pessimista, a reconfiguração também demonstra ganhos de resiliência. O lead time médio do novo CELOG de Chapecó (42,90 horas) é ligeiramente inferior ao de Joaçaba no Cenário de Referência (44,38 horas). O ganho mais expressivo, contudo, é o efeito sistêmico na rede: o tempo de resposta do CELOG de Florianópolis apresentou uma redução de 10,2% (de 43,10h para 38,71h), sugerindo que a presença de um CELOG dedicado ao extremo oeste otimiza a distribuição de carga em todo o sistema.

Tabela 6 – Análise Comparativa do Cenário Chapecó.

Lead Time (h)	Situação Normal			Cenário Pessimista		
	CELOG - CHAPECÓ	CELOG - FLORIPA	CELOG - RIO DO SUL	CELOG - CHAPECÓ	CELOG - FLORIPA	CELOG - RIO DO SUL
1	22.76	21.80	20.47	42.88	43.26	27.48
2	21.94	22.87	20.90	31.44	36.95	27.36
3	22.34	21.90	20.37	48.00	35.44	25.71
4	21.79	23.01	21.29	45.49	34.63	31.30
5	21.20	21.83	21.53	40.18	28.41	24.76
6	21.90	21.74	20.24	47.68	39.02	24.76
7	23.56	22.21	20.16	42.38	42.91	31.79
8	23.30	23.07	21.17	47.59	48.08	25.83
9	21.92	21.66	20.92	36.22	39.99	27.30
10	22.19	21.88	20.43	47.14	38.44	24.34
Médias	22.29	22.20	20.75	42.90	38.71	27.06
Variação %				+92.46%	+74.37%	+30.41%

Fonte: Os autores (2025)

4.5. Discussão Consolidada dos Resultados

A análise comparativa dos três cenários indica que, embora a rede atual seja funcional em normalidade, sua resiliência a desastres pode ser significativamente aprimorada. Os cenários alternativos, fundamentados em localizações estrategicamente validadas por estudos de otimização (MAZERA, 2022; CINI; DÁVALOS, 2022), demonstraram ser medidas eficazes para mitigar os impactos de eventos severos. A escolha entre os cenários propostos envolve uma decisão estratégica: o Cenário Criciúma corrige de forma mais incisiva a vulnerabilidade da região Sul, enquanto o Cenário Chapecó promove uma otimização mais distribuída e sistêmica da rede.

5. Conclusões

O presente artigo abordou a eficiência da rede de logística humanitária da Defesa Civil de Santa Catarina, com o objetivo geral de avaliar, por meio de simulação computacional, o impacto de configurações alternativas para os Centros de Distribuição (CELOGs) no tempo de resposta a desastres naturais. A metodologia utilizada foi o estudo de caso, aplicando a simulação de eventos discretos em um modelo adaptado de Silva *et al.* (2017), com dados reais do evento de chuvas intensas de 2022, seguindo a abordagem de Moser *et al.* (2024). Foram comparados o Cenário de Referência (rede

atual) com dois cenários alternativos, que testaram a inclusão de CELOGs em Chapecó e Criciúma.

Os resultados da simulação indicaram que, embora não haja diferença significativa de desempenho em condições normais de infraestrutura, a reconfiguração da rede demonstrou ser uma estratégia eficaz para aumentar a resiliência em cenários de crise. A configuração do Cenário Criciúma se mostrou particularmente eficaz para mitigar os riscos na região Sul, reduzindo o lead time em 25% durante o cenário pessimista em comparação com a estrutura atual. Similarmente, o Cenário Chapecó, além de otimizar o atendimento ao Oeste, gerou um efeito sistêmico positivo em toda a rede.

A principal contribuição deste trabalho é fornecer uma validação quantitativa, baseada em desempenho, para as localizações estratégicas propostas em estudos de otimização matemática (MAZERA, 2022; CINI; DÁVALOS, 2022). A pesquisa oferece um subsídio data-driven para o planejamento estratégico da Defesa Civil, demonstrando que a reconfiguração da rede de CELOGs é uma medida eficaz para aprimorar a capacidade de resposta do estado.

Como limitação da pesquisa, destaca-se a restrição do modelo computacional utilizado, que suporta apenas três nós logísticos simultâneos. Isso exigiu que os cenários alternativos fossem analisados por meio de uma estratégia de reconfiguração da rede, em vez de uma simulação de expansão com quatro ou mais centros operando ao mesmo tempo.

Para trabalhos futuros, recomenda-se o desenvolvimento de modelos de simulação capazes de avaliar redes expandidas com múltiplos CELOGs simultâneos, permitindo testar cenários combinados. Sugere-se, ainda, a realização de um estudo similar focado na Região Norte do estado, analisando a importância estratégica da inclusão de um CELOG na área metropolitana de Joinville, que, apesar de não ter sido o epicentro do evento de 2022, representa a maior concentração populacional de Santa Catarina e possui um histórico de vulnerabilidade a desastres.

Referências

BALCIK, B.; BEAMON, B. M.; SMILOWITZ, K. Last-mile distribution in humanitarian relief. **Journal of Intelligent Transportation Systems**, v. 14, n. 2, p. 1-15, 2010.

BANKS, J. et al. **Discrete-event system simulation**. 5. ed. Upper Saddle River: Prentice Hall, 2010.

BATAGLIN, L. M. C.; ALEM, D. O problema de localização-distribuição no megadesastre da região Serrana no Rio de Janeiro. **Gestão & Produção**, São Carlos, v. 21, n. 4, p. 865-881, 2014.

CATRIB, E. B.; DÁVALOS, R. V. Modelo de localização de facilidades para a instalação de centros de distribuição para atendimento de microrregiões de Santa Catarina em caso de desastres naturais. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 41., 2021, Foz do Iguaçu. **Anais...** Foz do Iguaçu: ABEPRO, 2021b.

CINI, P.; DÁVALOS, R. V. Localização Cartográfica dos Centros de Distribuição da Defesa Civil do Estado de Santa Catarina: Um Estudo de Caso Para Situações de Desastres Naturais. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 12., 2022, Ponta Grossa. **Anais...** Ponta Grossa: APREPRO, 2022.

FREITAS, M. J. et al. Plano de Contingência da COVID-19 para a educação em Santa Catarina/Brasil: da elaboração do modelo à sua implementação e importância. **Territorium**, n. 30 (1), p. 21-36, 2023.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2008.

KELTON, W. D.; SADOWSKI, R. P.; ZUPICK, N. B. **Simulation with Arena**. 6. ed. New York: McGraw-Hill, 2014.

KOVÁCS, G.; SPENS, K. M. Humanitarian logistics in disaster relief operations. **International Journal of Physical Distribution & Logistics Management**, v. 37, n. 2, p. 99-114, 2007.

LEIRAS, A. et al. **Logística Humanitária**. 1. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2017.

MARCONI, M. de A.; LAKATOS, E. M. **Fundamentos de metodologia científica**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2003.

MAZERA, M. E. **Otimização da localização de centros de distribuição de itens de primeira necessidade em Santa Catarina através do método da P-Mediana**. 2022. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Produção) - Universidade do Estado de Santa Catarina, Joinville, 2022.

MOSER, I. R.; DÁVALOS, R. V.; SOUZA, J. C. Análise por simulação discreta do transporte de itens de assistência humanitária em casos de desastres naturais. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 14., 2024, online. **Anais...** Ponta Grossa: APREPRO, 2024.

PIZZOLATO, N. D.; RAUPP, F. M. P.; ALZAMORA, G. S. Revisão de desafios aplicados em localização com base em modelos da p-mediana e suas variantes. **Pesquisa Operacional para o Desenvolvimento**, v. 4, n. 1, p. 13-42, 2012.

SILVA, D. A. et al. Simulação dos processos de aquisição e transporte de itens de primeira necessidade numa situação de inundação ocorrida no estado de Santa Catarina. In: CONGRESSO DE PESQUISA E ENSINO EM TRANSPORTES, 31., 2017, Recife. **Anais...** Recife: ANPET, 2017.

VERGARA, S. C. **Projetos e relatórios de pesquisa em administração**. 3. ed. São Paulo: Atlas, 2000.

YIN, R. K. **Estudo de Caso: planejamento e métodos**. 3. ed. Porto Alegre: Bookman, 2005.