



DESAFIOS LOGÍSTICOS E DESEMPENHO NA DISTRIBUIÇÃO DE SIM CARDS: UMA ANÁLISE DE EFICIÊNCIA NO SETOR DE TELECOMUNICAÇÕES NA REGIÃO CENTRO-NORTE DO BRASIL

GUSTAVO ALVES DE MELO - gustavo.a.melo@ufv.br
UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA - UFV

MARIA GABRIELA MENDONÇA PEIXOTO - mgabrielaunb@gmail.com
UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA - UNB

THIAGO HENRIQUE NOGUEIRA - thiagoh.nogueira@ufv.br
UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA - UFV

ANDRÉ LUIZ MARQUES SERRANO - andrelms@unb.br
UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA - UNB

MARIA LUIZA ALVES SANTANA - maria.santana1@ufv.br
UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA - UFV

ÁREA: 02.LOGÍSTICA

SUBÁREA: 2.1 - GESTÃO DA CADEIA DE SUPRIMENTOS

RESUMO: ESTE ESTUDO INVESTIGA A EFICIÊNCIA LOGÍSTICA NA DISTRIBUIÇÃO DE SIM CARDS NO SETOR DE TELECOMUNICAÇÕES, FOCANDO EM REGIÕES DESAFIADORAS DO CENTRO-NORTE DO BRASIL. UTILIZANDO A ANÁLISE ENVOLTÓRIA DE DADOS (DEA) E A SIMULAÇÃO DE MONTE CARLO, AVALIAMOS A PERFORMANCE DE UMA OPERADORA DE TELECOMUNICAÇÕES EM RELAÇÃO À DISTRIBUIÇÃO E INFRAESTRUTURA. O ESTUDO REVELA INEFICIÊNCIAS OPERACIONAIS EM REGIÕES COMO MANAUS E CAMPO GRANDE, E PROPÕE SOLUÇÕES PARA OTIMIZAR A DISTRIBUIÇÃO DE RECURSOS E MELHORAR A EFICIÊNCIA LOGÍSTICA.

PALAVRAS-CHAVE: TELECOMUNICAÇÕES, SIM CARDS, LOGÍSTICA, ANÁLISE ENVOLTÓRIA DE DADOS, EFICIÊNCIA, SIMULAÇÃO DE MONTE CARLO, BRASIL.

1. INTRODUÇÃO

A evolução do setor de telecomunicações no Brasil é marcada pela transição do monopólio estatal à privatização, que resultou em avanços significativos de infraestrutura e cobertura. A modernização da sociedade e a adoção massiva de tecnologias digitais posicionam as telecomunicações como base estrutural da economia e do cotidiano. Apesar do avanço, o setor enfrenta desafios logísticos notáveis, especialmente nas regiões Centro-Norte do Brasil, onde a baixa densidade populacional e a grande extensão territorial impõem obstáculos à distribuição eficaz de SIM cards.

As operadoras dependem de canais de distribuição eficientes para garantir capilaridade, principalmente no pequeno varejo. A logística, portanto, assume um papel estratégico, sendo responsável por equilibrar qualidade, custo e tempo de entrega. A eficiência neste contexto não apenas sustenta a competitividade, como é um diferencial fundamental para reter clientes e fomentar a inclusão digital.

1.1 PROBLEMA DE PESQUISA

O problema central da pesquisa reside na necessidade de encontrar formas de aumentar a eficiência logística na distribuição de SIM cards em regiões geograficamente desafiadoras. A concorrência e as exigências do mercado obrigam as operadoras a otimizarem seus processos, buscando reduzir custos sem prejudicar a qualidade do serviço prestado. A gestão estratégica dos recursos, desde a força de trabalho até os fornecedores, é vital para garantir desempenho superior.

Com ênfase nas particularidades da região Centro-Norte, o estudo questiona: como uma gestão logística mais eficiente pode superar as barreiras geográficas e de infraestrutura, promovendo a ativação eficaz dos SIM cards?

1.2 JUSTIFICATIVA

A importância das Tecnologias da Informação e Comunicação (TICs) para o desenvolvimento econômico e social é amplamente reconhecida. A telefonia móvel, especialmente, promove inclusão digital, melhora o bem-estar e proporciona acesso a informações, impactando diretamente o crescimento econômico. Pesquisas indicam forte correlação entre o avanço das TICs e o aumento do PIB.

Estudos citados, como os de Lam e Shiu (2010) e Latif et al. (2018), reforçam que o investimento em infraestrutura móvel é mais eficaz do que na telefonia fixa. Assim, a análise

logística da distribuição de SIM cards é uma ferramenta estratégica não apenas para eficiência operacional, mas para o progresso socioeconômico.

1.3 OBJETIVOS

Objetivo geral:

- Aplicar uma gestão eficiente de logística para melhorar o desempenho da empresa.

Objetivos Específicos:

- Utilizar ferramentas para avaliar a eficiência atual;
- Entender como os insumos impactam no resultado da empresa;
- Propor soluções viáveis para aumentar os resultados da organização.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 SETOR DE TELEFONIA MÓVEL NO BRASIL

O setor de telefonia móvel cresceu rapidamente nas últimas décadas, com número de linhas ativas superior à população. Essa expansão foi possível graças à acessibilidade dos smartphones e à variedade de planos, com destaque para os pré-pagos. A concorrência entre operadoras tradicionais e as MVNOs (operadoras virtuais) também incentivou melhorias tecnológicas e na qualidade dos serviços.

O avanço para redes 4G e 5G tem promovido novos usos como IoT, exigindo investimentos em infraestrutura, o que gera desigualdades entre áreas urbanas e rurais. A falta de cobertura e de infraestrutura básica em regiões remotas é um gargalo persistente.

2.2 DESAFIOS DO SETOR DE TELEFONIA MÓVEL NO BRASIL

A logística de transporte de equipamentos e materiais é impactada negativamente pelas distâncias continentais e pelas condições precárias das estradas brasileiras. A instalação de torres e a manutenção de serviços enfrentam custos elevados e complexidade operacional.

A desigualdade regional é acentuada. Enquanto o Sudeste e Sul têm infraestrutura avançada, o Norte e Nordeste carecem de cobertura eficiente, o que agrava a exclusão digital e limita o acesso à informação e a oportunidades econômicas. Essas disparidades representam um desafio crítico para o setor.

2.3 TELEFONIA MÓVEL NO CENTRO-NORTE (CENTRO-OESTE, NORTE E MARANHÃO)

Essa região apresenta grande heterogeneidade. O Centro-Oeste é impulsionado pelo agronegócio e possui alta penetração de telefonia móvel. Já o Norte e o Maranhão enfrentam desafios estruturais que dificultam a distribuição e cobertura, embora haja crescimento nas capitais e áreas urbanas.

A predominância dos planos pré-pagos se justifica pela limitação do acesso a crédito e serviços bancários. A chegada do 5G e novos investimentos em infraestrutura podem mudar esse cenário. Ainda assim, a geografia hostil e as distâncias amplas continuam a dificultar a logística de distribuição.

2.4 ANÁLISE DE DESEMPENHO DO SETOR DE TELEFONIA MÓVEL NO BRASIL

Utilizando a metodologia DEA (Análise Envoltória de Dados), é possível mensurar a eficiência das operadoras no uso de recursos logísticos — como pontos de venda, torres e abastecimento — em relação ao número de SIM cards ativados.

Resultados mostram que a eficiência está diretamente ligada à distribuição adequada dos pontos de venda e à cobertura de rede. O excesso ou deficiência desses recursos impacta negativamente a taxa de ativação. Um abastecimento eficiente de SIM cards também é determinante, pois minimiza rupturas e melhora a conversão de vendas.

Operadoras que conseguem equilibrar adequadamente esses fatores têm melhor desempenho. A DEA permite comparar o desempenho relativo de diferentes regiões e identificar onde há necessidade de realocação ou ajuste de recursos logísticos.

3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

3.1 METODOLOGIA DE PESQUISA

Para a condução desta pesquisa sobre a eficiência logística no setor de telecomunicações, optou-se pelo método dedutivo como base lógica de investigação, em consonância com Gil (2002), que define o método científico como o conjunto de estratégias gerais utilizadas para conduzir investigações científicas. Esse método, ao partir de teorias e leis previamente estabelecidas para explicar novos fenômenos, é particularmente adequado para análises que envolvem a mensuração de eficiência em operações logísticas, como é o caso do presente estudo. De acordo com Dresch et al. (2015), o método dedutivo é especialmente útil para estudos em que se busca fundamentar teorias operacionais a partir de dados empíricos e objetivos.

Este estudo adota uma abordagem quantitativa, descritiva e exploratória, com o objetivo de mensurar a eficiência logística nas operadoras de telecomunicações, especificamente em relação à distribuição de SIM cards em pontos de venda do pequeno varejo, e entender as discrepâncias entre as estratégias logísticas e os resultados obtidos. A abordagem quantitativa é justificada pela necessidade de mensurar com precisão o desempenho logístico, utilizando dados empíricos e técnicas estatísticas avançadas. Conforme apontado por Creswell (2014), abordagens quantitativas são essenciais em estudos que buscam validar hipóteses e identificar padrões através de dados objetivos.

Para a análise da eficiência logística, será utilizado o modelo BCC (Banker, Charnes e Cooper) da Análise Envoltória de Dados (DEA). O modelo BCC, conforme descrito por Banker, Charnes e Cooper (1984), é uma extensão do modelo DEA clássico que permite considerar retornos variáveis de escala, o que é essencial em contextos onde as unidades de análise operam sob diferentes condições de produção e distribuição. No setor de telecomunicações, especialmente no Brasil, onde a distribuição de SIM cards enfrenta desafios significativos relacionados à vasta extensão territorial e à baixa densidade populacional, como na região Centro-Norte, essa variação de escala é um fator crucial a ser considerado.

A escolha pelo modelo BCC é amplamente respaldada na literatura. Segundo Charnes, Cooper e Rhodes (1978), o modelo DEA é particularmente eficaz para medir a eficiência relativa de unidades organizacionais que utilizam múltiplos insumos para gerar múltiplos produtos, sendo a escolha ideal para avaliar a eficiência logística em redes de distribuição. Em estudos mais recentes, Kleine, Dellnitz e Rödder (2014) demonstram que o modelo BCC é especialmente adequado para capturar as nuances de eficiência em setores onde há heterogeneidade nos volumes de operação, como no caso da logística de telecomunicações, onde operadoras de diferentes portes enfrentam desafios distintos na distribuição de produtos como SIM cards.

Para a implementação da DEA, será utilizado o Sistema de Informação para Análise de Dados (SIAD), um software amplamente utilizado na literatura de eficiência e benchmarking, conforme destacado por Charnes et al. (1994), que fornece suporte técnico e metodológico essencial para garantir precisão na coleta e análise dos dados. A coleta de dados será realizada por meio de análise documental e observação direta, métodos que, segundo Yin (2015), são eficazes para fornecer uma visão abrangente dos processos logísticos. O objetivo é garantir que os dados coletados refletem de forma fidedigna a realidade operacional das

operadoras de telecomunicações, considerando aspectos como volume de produtos distribuídos (abastecimento), número de pontos de vendas, número de torres de sinal por pessoa e número de SIM cards ativados pelos clientes.

Para a análise dos dados coletados, será utilizada a técnica de simulação de Monte Carlo, amplamente reconhecida por sua capacidade de lidar com incertezas e variabilidade em processos complexos, como os envolvidos na logística e distribuição de telecomunicações. A simulação de Monte Carlo é uma metodologia robusta e flexível, particularmente adequada para situações em que há um número significativo de variáveis aleatórias influenciando os resultados, conforme destacado por Rubinstein e Kroese (2016).

A técnica de Monte Carlo será aplicada para simular diferentes cenários logísticos na operadora de telecomunicações, considerando variáveis como volume de produtos distribuídos (abastecimento), número de pontos de vendas, número de torres de sinal por pessoa e número de SIM cards ativados pelos clientes. Segundo Saltelli et al. (2008), a simulação de Monte Carlo é extremamente eficaz para analisar sistemas dinâmicos e complexos, permitindo a geração de distribuições probabilísticas que refletem as incertezas inerentes ao processo logístico.

A principal vantagem desta técnica está em sua capacidade de realizar múltiplas iterações sobre os dados, gerando cenários com diferentes combinações de valores para as variáveis críticas. Com isso, será possível avaliar a eficiência operacional das operadoras de telecomunicações sob diferentes condições de demanda e restrições de capacidade, fornecendo uma visão mais precisa e detalhada sobre as possíveis ineficiências no sistema. Como afirmam Metropolis e Ulam (1949), a simulação de Monte Carlo é ideal para a resolução de problemas onde a interação entre variáveis é complexa, como é o caso de cadeias de distribuição dispersas geograficamente, como as analisadas neste estudo.

A aplicação da técnica de Monte Carlo também permitirá modelar o impacto de eventos inesperados, como interrupções no transporte ou variações bruscas na demanda, que são frequentes em redes de distribuição amplas. Como sugerido por Glasserman (2004), a simulação de Monte Carlo é particularmente eficaz em cenários logísticos onde é necessário avaliar a resiliência operacional frente a choques externos, o que torna essa técnica valiosa para a análise de eficiência logística no setor de telecomunicações.

Por meio das simulações, será possível identificar cenários ótimos e de risco, permitindo às operadoras de telecomunicações ajustar suas estratégias logísticas de maneira proativa e otimizar a alocação de recursos. O resultado da aplicação da técnica de Monte

Carlo fornecerá um panorama detalhado sobre as distribuições probabilísticas dos custos e tempos de entrega, auxiliando na tomada de decisões mais informadas e fundamentadas, conforme apontado por Koenig e Law (1985).

A escolha pela simulação de Monte Carlo, portanto, é sustentada pela sua ampla utilização em estudos de logística e gestão de cadeias de suprimentos, onde a necessidade de lidar com incertezas é predominante. Com base em trabalhos como os de Law (2015) e Banks et al. (2005), a aplicação dessa técnica neste estudo permitirá modelar cenários logísticos realistas, refletindo a complexidade e variabilidade das operações no setor de telecomunicações, e fornecerá recomendações práticas para a otimização dos processos logísticos nas operadoras analisadas.

A revisão bibliográfica desempenha um papel fundamental na sustentação teórica da pesquisa e na interpretação dos resultados. O referencial teórico será construído a partir de estudos clássicos na área de logística e gestão de cadeias de suprimentos, como Ballou (2004), Bowersox, Closs e Cooper (2013), e Pozo (2009). A literatura aponta que a eficiência logística é um fator crítico para a competitividade das empresas, sobretudo em setores de alta demanda por serviços como as telecomunicações (Novaes, 2007; Faria e Costa, 2011). Ballou (2008) destaca que a logística eficiente permite às empresas não apenas atender às expectativas de seus clientes em termos de tempo de entrega e qualidade do serviço, mas também reduzir significativamente seus custos operacionais.

Adicionalmente, estudos recentes sobre TICs (Tecnologias da Informação e Comunicação), como o de Lam e Shiu (2010), mostram que a infraestrutura de telecomunicações tem um impacto direto no crescimento econômico, reforçando a necessidade de investir em eficiência logística para garantir o acesso adequado às novas tecnologias. A literatura sobre gestão de telecomunicações, como discutido por Pretola (2008) e Lima (2016), também enfatiza a importância de otimizar as redes de distribuição para atender à crescente demanda por serviços de telecomunicação, especialmente no contexto do aumento do uso de dispositivos móveis (ANATEL, 2022).

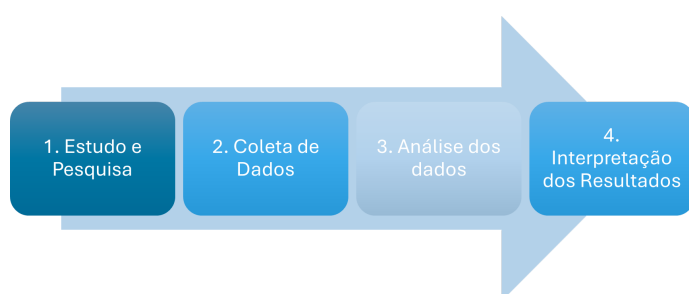
Finalmente, os resultados desta pesquisa deverão fornecer insights estratégicos sobre como as operadoras de telecomunicações podem otimizar suas operações logísticas e melhorar sua eficiência na distribuição de SIM cards, especialmente em regiões com desafios geográficos significativos, como o Centro-Norte do Brasil. A aplicação da DEA permitirá identificar as operadoras mais eficientes, ao mesmo tempo que revelará áreas de ineficiência que podem ser corrigidas com estratégias de otimização de recursos e gestão de processos

logísticos. Essas informações serão fundamentais para a proposição de políticas e práticas que aumentem a competitividade do setor de telecomunicações no Brasil, alinhando-se às melhores práticas globais conforme descrito por autores como Bowersox et al. (2013) e Godinho et al. (2018).

3.2 ESTRUTURA DE PESQUISA

A pesquisa foi organizada em 4 etapas, conforme exemplificada por meio da Figura 1.

Figura 1 - Estruturação da Pesquisa



Fonte: Autores (2024)

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 ANÁLISE DEA

De acordo com os dados de Análise Envoltória de Dados (DEA) apresentados anteriormente, observamos que a Unidade de Decisão (DMU) 4, que recebe os inputs de Manaus, apresentou eficiência inferior às demais, assim como a DMU 6, que recebe inputs de Campo Grande, sendo esta última a que obteve a menor eficiência entre todas as DMUs analisadas.

Ao analisar os dados da DMU 4, verificamos que a eficiência ficou ligeiramente abaixo do ideal, com um resultado de 0,942. Dois dos três indicadores de entrada foram os principais responsáveis pela menor eficiência na ativação de SIM cards, sendo eles o input 1 e o input 3. O input 2, por outro lado, não apresentou variação significativa entre o valor alvo e o atual.

Considerando os indicadores que compuseram os resultados da DMU 4, o ponto a ser priorizado é o input 1, onde há uma discrepância maior entre os valores atuais e o valor alvo calculado pelo modelo estatístico utilizado em nossa pesquisa. O input 1, que se refere ao número de pontos de venda (PDVs), teve como alvo 2.064 unidades, enquanto a empresa atualmente possui 3.351 PDVs em Manaus, o que representa uma diferença de 62,34% acima

do esperado, indicando ineficiência operacional e excesso de recursos. O input 3, da mesma forma, apresentou uma diferença de 47,78% acima do esperado, ou seja, há mais torres do que o necessário para alcançar uma eficiência ideal na ativação de SIM cards. Quanto ao input 2, a variação foi pequena, apresentando ainda assim um excesso indesejado de 6,09% no abastecimento dos PDVs.

Analisando a DMU 6, destaca-se seu baixo resultado em eficiência, com um valor de 0,633, o mais baixo entre todas as DMUs de acordo com nosso modelo. Detalhando os indicadores de entrada, verificamos grandes discrepâncias entre os valores ideais propostos pelo modelo e os valores atuais.

O input 1 apresentou uma diferença de 1.191 PDVs, o que representa um excesso de 108,32% em relação ao ideal, revelando uma ineficiência operacional significativa. O input 2 registrou um excesso de 11.552 SIM cards, ou 57,81% acima do ideal, o que, apesar de ser a menor discrepância, ainda está muito acima do necessário para a cidade estudada. Finalmente, o input 3 mostrou mais uma vez um resultado preocupante no que diz respeito ao excesso de torres, com um excedente de 114,06% acima do valor eficiente, ou um total de 242 torres ineficientes.

Com estes dados podemos verificar a necessidade de diminuição das discrepâncias encontradas, logo, se faz necessário uma redistribuição nas localidades dos Pontos de Vendas (PDVs) e Torres, especialmente na DMU 6. Embora a discrepância nos SIM cards seja menor, também é importante adotar estratégias para otimizar o fornecimento de SIM cards aos pontos de venda, a fim de aumentar a eficiência no abastecimento.

4.1 ANÁLISE SIMULAÇÃO DE MONTE CARLO

Neste estudo, utilizamos uma abordagem de simulação de Monte Carlo para modelar e prever o número de chips ativados com base em variáveis associadas à distribuição e infraestrutura de pontos de venda (PDVs) e torres de telecomunicação em diferentes cidades brasileiras. O procedimento foi dividido em quatro etapas principais:

4.1.1. AJUSTE E LIMPEZA DOS DADOS:

```
df = pd.read_excel('/content/Chips.xlsx')  
# Remover as colunas desnecessárias  
df = df.drop(['Unnamed: 0', 'Unnamed: 1'], axis=1)  
# Renomear as colunas restantes
```

```
df = df.rename(columns={  
    'Unnamed: 2': 'CIDADE',  
    'Unnamed: 3': 'Nº PDVs',  
    'Unnamed: 4': 'Abastecimento',  
    'Unnamed: 5': 'Nº TORRES',  
    'Unnamed: 6': 'População Urbana',  
    'Unnamed: 7': 'Chips Ativado'  
})  
  
# Remover a primeira linha  
df = df.drop(0)
```

Inicialmente, foi utilizado um conjunto de dados contendo variáveis relacionadas ao número de PDVs, abastecimento de produtos, número de torres, população urbana e o número de chips ativados. Realizamos a exclusão de colunas desnecessárias e renomeamos as colunas restantes para obter um DataFrame estruturado com as variáveis de interesse.

As colunas utilizadas no modelo foram:

- Nº PDVs: número de pontos de venda.
- Abastecimento: quantidade de produtos distribuídos.
- Nº TORRES: quantidade de torres de telecomunicação.
- População Urbana: população da área urbana de cada cidade.
- Chips Ativado: número de chips de telecomunicação ativados, variável dependente (Y).

4.1.2. CÁLCULO DE MÉDIAS E COVARIÂNCIAS:

```
# Cálculo da média das variáveis independentes  
media_df = df[['Nº PDVs', 'Abastecimento', 'Nº TORRES', 'População  
Urbana']].mean()  
  
# Cálculo da matriz de covariância entre as variáveis independentes  
cov_df = df[['Nº PDVs', 'Abastecimento', 'Nº TORRES', 'População Urbana']].cov()
```

Foram calculadas as médias e covariâncias das variáveis independentes para obter os parâmetros que seriam utilizados na geração de novos dados simulados. A covariância foi calculada entre as variáveis para capturar a correlação entre elas.

4.1.3. SIMULAÇÃO DE MONTE CARLO:

```
# Gerando 2000 amostras de simulação usando a distribuição normal multivariada
```

```
sim_resultados = st.multivariate_normal.rvs(mean=media_df, size=2000,
cov=cov_df)
```

```
# Convertendo o resultado em um DataFrame
```

```
df_resultados_sim = pd.DataFrame(sim_resultados, columns=['Nº PDVs',
'Abastecimento', 'Nº TORRES', 'População Urbana'])
```

Utilizando as médias e a matriz de covariância, geramos 2.000 simulações multivariadas, utilizando a distribuição normal multivariada para gerar valores para as variáveis independentes. Este procedimento permitiu a criação de novos cenários baseados nos dados originais.

4.1.4. REGRESSÃO LINEAR MÚLTIPLA:

```
from sklearn.linear_model import LinearRegression
```

```
# Preparando os dados
```

```
X = df[['Nº PDVs', 'Abastecimento', 'Nº TORRES', 'População Urbana']].astype(float)
```

```
y = df['Chips Ativado'].astype(float)
```

```
# Criando e ajustando o modelo
```

```
model = LinearRegression()
```

```
model.fit(X, y)
```

```
# Fazendo previsões nos dados simulados
```

```
df_resultados_sim['output_previsto_reg'] = model.predict(df_resultados_sim[['Nº
PDVs', 'Abastecimento', 'Nº TORRES', 'População Urbana']])
```

Um modelo de regressão linear múltipla foi ajustado, utilizando as variáveis independentes (Nº PDVs, Abastecimento, Nº TORRES, População Urbana) para prever a variável dependente (Chips Ativado). O modelo foi ajustado com os dados originais e, em seguida, aplicado às variáveis simuladas para obter previsões de ativação de chips.

4.1.5. CÁLCULO DAS DIFERENÇAS ENTRE QUANTIS:

```
# Lista para armazenar os resultados das simulações
```

```
df_simulacoes_somadas = []
```

```
n = 1000 # Número de simulações
```

```
# Loop de simulação
```

```
for i in range(n):
```

```
    # Gerar dados de simulação multivariados
```

```

resultados_simulacao = st.multivariate_normal.rvs(mean=media_df, cov=cov_df,
size=1000)

df_simulacao_temp = pd.DataFrame(resultados_simulacao, columns=['Nº PDVs',
'Abastecimento', 'Nº TORRES', 'População Urbana'])

# Aplicando o modelo de regressão
reg_model(df, df_simulacao_temp)

# Armazenando o DataFrame da simulação atual na lista
df_simulacoes_somadas.append(df_simulacao_temp)

# Concatenar DataFrames de cada simulação
df_resultados_sim = pd.concat(df_simulacoes_somadas, ignore_index=True)

# Cálculo das diferenças médias entre os quantis
dic_dif = {}

for variavel in ['Nº PDVs', 'Abastecimento', 'Nº TORRES', 'População Urbana']:
    diferenca_por_simulacao = []
    for i in range(n):
        variavel_q25 = np.quantile(df_simulacoes_somadas[i][variavel], 0.25)
        variavel_q75 = np.quantile(df_simulacoes_somadas[i][variavel], 0.75)
        q75_filtro = df_simulacoes_somadas[i][variavel] > variavel_q75
        q25_filtro = df_simulacoes_somadas[i][variavel] < variavel_q25

        y_diferenca =
np.mean(df_simulacoes_somadas[i][q75_filtro]['output_previsto_reg']) -
np.mean(df_simulacoes_somadas[i][q25_filtro]['output_previsto_reg'])

        diferenca_por_simulacao.append(y_diferenca)

    dic_dif[variavel] = diferenca_por_simulacao

# Convertendo o dicionário em um DataFrame
df_diferenca = pd.DataFrame.from_dict(dic_dif)

```

Para cada simulação, calculamos os quantis de 25% (Q25) e 75% (Q75) para as variáveis independentes. Em seguida, comparamos a diferença média entre os valores previstos de "Chips Ativado" para as observações no Q75 e no Q25. Isso permitiu avaliar como mudanças nas variáveis independentes influenciam a ativação de chips em cenários mais extremos.

A metodologia de simulação de Monte Carlo, combinada com a modelagem de regressão linear múltipla, mostrou-se eficaz para prever a ativação de chips com base em

variáveis operacionais e demográficas. Observamos que variáveis como o número de PDVs e o abastecimento têm uma forte correlação com a ativação de chips, conforme capturado na matriz de covariância. Além disso, as simulações indicaram uma diferença significativa entre os quantis superior e inferior das distribuições, sugerindo que melhorias na infraestrutura de vendas e telecomunicação podem impactar substancialmente a ativação de chips.

A aplicação da simulação permitiu a geração de múltiplos cenários e a avaliação da sensibilidade das variáveis-chave. A abordagem também oferece uma ferramenta valiosa para decisões estratégicas no planejamento de distribuição e otimização de infraestruturas de telecomunicações.

Este estudo destaca a importância da simulação como uma ferramenta para prever tendências e apoiar a tomada de decisão baseada em dados, especialmente em ambientes com múltiplas variáveis correlacionadas.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os objetivos deste estudo foram alcançados ao identificar as ineficiências na distribuição de SIM cards nas regiões de Manaus (DMU 4) e Campo Grande (DMU6), utilizando a Análise Envoltória de Dados (DEA). Manaus apresentou uma eficiência de 0,942, com excesso de 62,34% nos Pontos de Venda (PDVs) e 47,78% nas torres, enquanto Campo Grande registrou a menor eficiência, 0,633, com 108,32% de PDVs e 114,06% de torres acima do necessário. Esses resultados apontam para uma alocação inadequada de recursos, evidenciando a necessidade de reavaliar as estratégias de distribuição para otimizar a eficiência operacional.

Para mitigar as ineficiências identificadas, recomenda-se a implementação de um plano de ação voltado para a revisão e ajuste da quantidade de PDVs e torres em ambas as regiões. Estes ajustes devem considerar, além dos dados históricos de vendas, a densidade populacional e as características geográficas locais. A redistribuição deve ser testada por meio de um projeto piloto em subsectores das regiões analisadas, permitindo uma avaliação contínua do impacto das mudanças sobre a eficiência operacional.

A integração de tecnologias de geolocalização e big data é recomendada para otimizar a alocação de recursos em tempo real, ajustando a distribuição de SIM cards conforme as flutuações da demanda. Ademais, sugere-se uma revisão das rotas de distribuição, considerando a possibilidade de terceirização parcial do processo logístico, o que pode contribuir para a redução de custos e o aumento da eficiência.

Por fim, é essencial que futuras pesquisas analisem o impacto de políticas de incentivo de vendas e sua correlação com a eficiência logística, fornecendo, assim, subsídios para a melhoria contínua na gestão de recursos para a distribuição de SIM cards. Este conjunto de ações permitirá não apenas a correção das ineficiências atuais, mas também o estabelecimento de uma base sólida para uma gestão logística mais ágil e responsiva, preparada para adaptar-se às dinâmicas do mercado.

REFERÊNCIAS

AGUIAR, B. A. P. de. O 5G na América do Sul: uma análise da Intelbras como porta de entrada para a tecnologia no continente. 2023.

ANATEL – Agência Nacional de Telecomunicações. Boletim Landell de Moura: projeções econômicas do setor de telecomunicações – Brasil. 2022. Disponível em: <http://www.gov.br/anatel>. Acesso em: 19 ago. 2024.

ANATEL. Anuário Estatístico. 2022. Disponível em: <https://www.anatel.gov.br/>. Acesso em: 4 set. 2024.

BALLOU, R. H. Logística empresarial: transportes, administração de materiais e distribuição física. São Paulo: Atlas, 2008.

BARCELLOS, M. F. Logística de telecomunicações: Desafios do transporte no Brasil. Revista Brasileira de Logística, v. 14, n. 3, p. 45-60, 2018.

CARAZZA, V. A. et al. Sistema de Medição e Análise de Qualidade de Redes Celulares Móveis. XXXV Simpósio Brasileiro de Telecomunicações e Processamento de Sinais, 2017.

CASTRO, N. G. Desafios geográficos na expansão das telecomunicações no Brasil: Um estudo de caso na Amazônia. Cadernos de Infraestrutura e Logística, v. 8, n. 1, p. 23-38, 2020.

COOPER, W. W.; SEIFORD, L. M.; TONE, K. Data envelopment analysis: A comprehensive text with models, applications, references and DEA-Solver software. Springer, 2007.

COSTA, R. J. O impacto da tecnologia 5G no mercado de telecomunicações no Brasil. Revista de Tecnologia e Inovação, v. 11, n. 2, p. 75-89, 2021.

FERREIRA, P. R. Cobertura de telefonia móvel na região Norte: Avanços e desafios. Revista Brasileira de Telecomunicações, v. 10, n. 2, p. 33-45, 2019.

GODINHO, H. F. et al. Uma Abordagem Sobre a Tecnologia 4G LTE e Sua Aplicação No Brasil. Revista Científica Semana Acadêmica, v. 1, n. 120, 2018.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 161,6 milhões de pessoas com 10 anos ou mais utilizaram a internet no país em 2022. Agência IBGE Notícias, 20 jun. 2023. Disponível em: <https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/>. Acesso em: 12 ago. 2024.

ITU – International Telecommunication Union. World Telecommunication Development Conference, 2017.

LAM, P. L.; SHIU, A. Economic growth, telecommunications development and productivity growth of the telecommunications sector: evidence around the world. *Telecommunications Policy*, v. 34, n. 4, p. 185-199, 2010.

LATIF, Z. et al. The dynamics of ICT, foreign direct investment, globalization and economic growth. *Telematics and Informatics*, v. 35, n. 2, p. 318-328, 2018.

LIMA, J. C. da S. Distribuição de recargas de celulares pré-pagos: uma análise da logística física e virtual de uma distribuidora de recargas. 2016.

LIMA, A. P. Distribuição desigual no setor de telecomunicações no Brasil. *Estudos de Telecomunicações*, v. 17, n. 4, p. 101-115, 2019.

LOPES, F. A. Competição no setor de telefonia móvel: Análise das operadoras no Brasil. *Economia & Gestão*, v. 24, n. 2, p. 67-83, 2019.

MARTINS, A. P. Desempenho logístico na telefonia móvel: O impacto dos pontos de venda. *Estudos de Logística e Telecomunicações*, v. 16, n. 3, p. 112-128, 2020.

PRETOLA, S. Gestão e tecnologias em telecomunicações: uma visão estratégica. São Paulo: SENAC, 2008.

ROSA, B. Celular: cartão pré-pago já vende mais fora dos pontos tradicionais. *O Globo*, 22 abr. 2014.

SANTOS, C. R. Eficiência logística no abastecimento de SIM cards em pontos de venda. *Revista Brasileira de Logística*, v. 19, n. 4, p. 66-79, 2018.

SANTOS, M. J. Mercado de SIM cards de telefonia móvel no Centro-Oeste: Desafios e oportunidades. *Estudos de Economia e Telecomunicações*, v. 15, n. 4, p. 87-99, 2020.

SILVA, D. A. Análise de desempenho logístico no setor de telecomunicações usando DEA. *Revista de Gestão Operacional*, v. 14, n. 1, p. 33-47, 2021.

SILVA, D. P. Desafios de infraestrutura para o desenvolvimento das telecomunicações no Brasil. *Revista Brasileira de Infraestrutura*, v. 10, n. 3, p. 92-108, 2020.

SOUZA, A. M. A conectividade no agronegócio: O impacto da telefonia móvel no Centro-Oeste. *Revista de Tecnologia Rural*, v. 9, n. 1, p. 58-71, 2021.

SOUZA, M. E. Desigualdade regional no acesso à telefonia móvel: Uma análise das regiões Norte e Nordeste. *Revista de Políticas Públicas*, v. 13, n. 2, p. 54-70, 2017.

TEIXEIRA, R. A.; TOYOSHIMA, S. H. Evolução das telecomunicações no Brasil, 1950–2001: o caso da telefonia. *Revista Econômica do Nordeste*, v. 34, n. 1, p. 150-178, 2003.

WORLD BANK. The Little Data Book on Information and Communication Technology. 2018.