

ESTUDO SOBRE A VIABILIDADE DA DESCENTRALIZAÇÃO DE CENTROS DE COLETAS PARA DESCARTES DE EQUIPAMENTOS DO MERCADO DE ADQUIRÊNCIA.

Rafael Pereira de Avila Ferrari
Orientador: Paulo Sérgio de Arruda Ignácio
Universidade Estadual de Campinas
Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo.

RESUMO

Passamos por um crescente consumo e utilização de equipamentos eletrônicos, com isso, existe um aumento grande na obsolescência dos mesmos pela rápida evolução tecnológica pela qual o mundo passa, por tanto cada vez mais a logística reversa tem um papel importante na coleta destes equipamentos para que os mesmos possam ser descartados de maneira correta. Estes equipamentos possuem materiais que agridem o ambiente e é crescente o número de empresas que se preocupam em descartar os equipamentos que foram produzidos ou distribuídos por sua responsabilidade.

No mercado de adquirência, que é responsável pela facilitação de pagamentos via cartões, esta preocupação não é diferente e cada vez mais as empresas mobilizam sua logística para reverter os equipamentos (maquinetas de cartão), utilizados para os meios de pagamento, e realizar o descarte. Este tipo de operação não agrega valor ao produto, gerando apenas custos operacionais, por conta disto, o profissional da logística deve sempre procurar soluções para reduzir ao máximo estes custos.

O objetivo deste trabalho é propor a descentralização de centros de coleta para descartes de equipamentos do mercado de adquirência de tal forma a reduzir os custos operacionais.

ABSTRACT

We are experiencing a growing consumption and use of electronic equipment, with a large increase in their obsolescence due to the rapid technological evolution that the world is going through. Therefore, more and more, reverse logistics plays an important role in the collection of these equipments so that They can be disposed of correctly. These equipments have materials that attack the environment and the number of companies that are worried about discarding the equipment that has been produced or distributed by their responsibility is growing.

In the acquiring market, which is responsible for facilitating payments via cards, this concern is no different and more and more companies are mobilizing their logistics to reverse the equipment (card machines), used for means of payment, and carry out the disposal . This type of operation does not add value to the product, generating only operational costs, because of this, the logistics professional should always look for solutions to reduce these costs to the maximum extent.

The objective of this work is to propose the decentralization of collection centers to discard equipment in the acquiring market in such a way as to reduce operational costs.

1. INTRODUÇÃO

O mercado de adquirência é um mercado que está em constante crescimento. Este mercado é responsável pela captura de transações utilizando cartões de crédito e de débito, utilizando para este propósito equipamentos que são disponibilizados aos comerciantes para que possam realizar as transações.

Neste mercado, o fornecimento dos equipamentos para que os clientes possam viabilizar as transações pode ser realizado via aluguel ou venda, sendo que no aluguel a empresa fornecedora é responsável pela manutenção deste equipamento, o que não ocorre na venda. Ainda assim, no aluguel, quando o cliente desiste do serviço, a empresa fornecedora do equipamento é responsável pela coleta do produto.

Segundo Brito e Dekker (2004) não se sabe ao certo o início da utilização do termo “Logística Reversa”, mas este conceito é estudado desde a década de 70, em que sua utilização estava ligada a reciclagem e aspectos ambientais. A logística reversa é responsável pelo retorno do produto do cliente final até o ponto de origem ou de descarte.

No mercado de adquirência, a logística reversa possui papel fundamental no retorno dos equipamentos dos clientes finais para os centros de distribuições. Tais equipamentos regressam para que sejam enviados a reparos, descartados por conta de tecnologia obsoleta ou descartados por conta de inviabilidade econômica para o reparo.

Estes equipamentos, mesmo quando obsoletos ou em conservação ruim podem ter um valor qualquer por conta do material que pode ser reciclado, por isso, é importante obter o retorno deste material para venda para empresas de descartes, que realizam a trituração e a separação de materiais que são reciclados ou reutilizados.

Entretanto, por conta do baixo valor do material que será descartado, existe a necessidade de se obter uma logística reversa robusta, mas de baixo custo, para que o retorno deste material não tenha um custo maior que seu próprio valor.

Em apoio à logística reversa para a redução de custo está a localização de centros de distribuição, segundo Ballou (2006), decisões sobre localizações de centros de distribuição envolvem a determinação do número, local e proporções das instalações a serem utilizadas. Essas instalações incluem pontos nodais da rede, como fábricas, portos, vendedores, armazéns, pontos de varejo e pontos centrais de serviços na rede da cadeia de suprimentos em que os produtos param temporariamente a caminho dos consumidores finais. Com isso, a determinação de localização estratégica para um centro de distribuição torna-se fundamental para a redução de custos.

1.1 Objetivo

O objetivo deste estudo é avaliar a descentralização de centros de coletas para descarte de equipamentos do mercado de adquirência, de tal forma a reduzir os custos operacionais. Para a realização desta análise, será analisado metodologias para localização de centros de distribuição, em resumo será realizado uma análise de redes.

Com a utilização das metodologias analisadas, visa-se construir cenários de descentralização de coleta de equipamentos para descartes e através de comparações escolher aquele que atende ao menor custo.

1.2 Definição do Problema

No cenário em que a empresa se encontra, identifica-se uma oportunidade para verificar os custos operacionais da logística reversa dos terminais que vão ser enviados para descarte, tendo em vista que atualmente a empresa possui um centro de coleta centralizado na região do estado de São Paulo.

Este cenário atual gera um custo alto para reverter equipamentos que não terão valor agregado, por tanto identifica-se uma oportunidade, através da descentralização do centro de coleta, para reduzir estes custos.

Para esta descentralização existe a premissa que a empresa deverá ter um centro de coleta para realizar a coleta na região NO/NE, atendendo estas regiões, e outro centro de coleta na região CO/SE. Na região sul a empresa não possui operação. Estas premissas são previamente definidas por uma questão estratégica.

1.3 Justificativa e relevância

A centralização da coleta de equipamentos na logística reversa muitas vezes implica em uma facilidade para o controle operacional, entretanto, nem sempre é a melhor escolha, pois se analisarmos um país de dimensão geográfica como o Brasil, percebemos que o custo da manutenção da centralização logística reversa pode ser

extremamente elevado. Uma solução para este problema pode ser a descentralização dos centros de distribuição, determinando a localização de centro de coletas através de metodologias de definição de localização de centro de distribuição.

O tema do estudo ganha relevância, pois o mercado atual exige cada vez mais que as empresas se responsabilizem pelos processos que podem agredir o ambiente em que estão inseridas, de maneira a se responsabilizar pelo reparo de qualquer agressão ocasionada. Por outro lado, as empresas necessitam encontrar uma maneira de viabilizar financeiramente os processos que ajudam a impedir a agressão ao ambiente.

A logística reversa auxilia neste processo, pois torna-se responsável pela captura dos equipamentos eletrônicos que estão prestes as serem descartados, de maneira a viabilizar operacionalmente a coleta dos mesmos. Para se ter a logística reversa com maior eficiência, pode-se ter como auxílio a determinação da localização de centros de distribuição, bem como a quantidade necessária para otimizar os custos.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Logística reversa.

Para Avoleta (2013), as cadeias de suprimentos com fluxo reverso tornaram-se importantes por conta da conscientização do cliente em relação ao meio ambiente ou por razões econômicas. Para os produtores, esse interesse surgiu primeiramente com a obrigação, imposta por leis governamentais, de dar destino adequado aos seus produtos no fim de sua vida útil, e, por último, pela percepção de que os recursos naturais, usados como insumos na produção, são limitados. O sentido da cadeia de suprimentos direta começa com a obtenção de matérias-primas e acaba na entrega de um produto ao cliente final. Em uma cadeia reversa, o sentido inicial está no cliente final, e na própria cadeia o destino final, ou seja, ela caminha no sentido contrário ao da cadeia direta.

A cadeia de logística reversa possui a vertente de **fluxo fechado** e de **fluxo aberto**. A logística de fluxo aberto é a vertente que se responsabiliza pela reversão do produto do cliente final a outro ponto que não seja seu ponto de origem. A cadeia de fluxo fechado trata-se de um fluxo em que o seu destino coincide com sua origem. Este modelo logístico possui duas grandes áreas de atuação: logística reversa de pós-consumo e logística reversa de pós-venda.

Segundo Leite (2002) **logística reversa de pós-venda** é a específica área de atuação que se ocupa do equacionamento e operacionalização do fluxo físico e das informações logísticas correspondentes de bens de pós-venda, sem uso ou com pouco uso, que por diferentes motivos retornam aos diferentes elos da cadeia de distribuição direta, que se constituem de uma parte dos Canais Reversos pelo qual fluem estes produtos. O principal objetivo da logística reversa de pós-venda é agregar valor a produtos que deverão retornar ao fabricante ou distribuidor por conta de erros logísticos, falhas do produto, razões comerciais, entre outros.

Ainda Leite (2002), diz que a **logística reversa de pós-consumo** é à área de atuação da logística reversa que igualmente equaciona e operacionaliza o fluxo físico e as informações correspondentes de bens de pós-consumo descartados pela sociedade em geral que retornam ao ciclo de negócios ou ao ciclo produtivo através de canais de distribuição reversos específicos. Constituem-se bens de pós-consumo os produtos em fim de vida útil ou usados com possibilidade de utilização e os resíduos industriais em geral. Seu objetivo estratégico é o de agregar valor a um produto logístico constituído por bens inservíveis ao proprietário original, ou que ainda possuam condições de utilização, por produtos descartados por terem atingido o fim de vida útil e por resíduos industriais. Estes produtos de pós-consumo poderão se originar de bens duráveis ou descartáveis e fluírem por canais reversos de reuso, de desmanche, reciclagem até a destinação final. A figura 1 exemplifica os dois métodos de logística visto até agora.

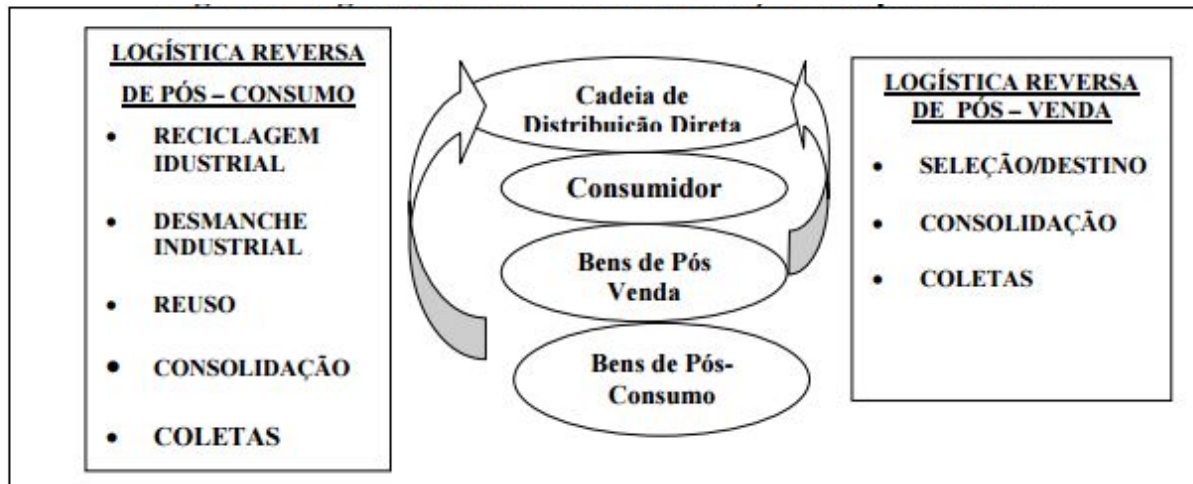


Figura 1: Logística reversa de bens de pós-venda e de bens de pós-consumo. Fonte: Leite, 2002

Segundo Bilal (2009), assim como a logística clássica, a logística reversa integra diversas atividades intermediárias. Entre estas atividades nós encontramos:

- Coleta: operação essencial para manutenção de uma cadeia de logística inversa, o ponto de partida do fluxo logístico reverso é um ponto de grande atenção, que permite tornar a cadeia mais regeneráveis e rentáveis, de maneira a captar novamente os ativos.
- Triagem: sua função é determinar qual o próximo caminho a ser percorrido pelo produto, visando a separação de diferentes produtos, tanto em massa ou em complexidade, por exemplo, as garrafas de coca-cola e as máquinas de lavar, respectivamente.
- Armazenamento: é necessário para constituir a necessidade suficiente para a utilização de um transporte econômico e atender as necessidades ambientais, torna-se necessário, também, para se preencher a lacuna entre a oferta e a demanda.
- Transporte: é um dos processos mais importantes de logística reversa, ele permite a movimentação dos ativos secundários para as atividades de tratamento intermediário ou reprocessamento, sendo uma das partes mais importantes do custo logístico.
- Tratamento intermediário: permite preparar os ativos secundários para as atividades de reprocessamento.
- Reprocessamento: esta atividade permite retornar o material a uma função de reutilização.

2.2 Logística de Centro de Distribuição.

Foi no século XX, em que se iniciaram os primeiros estudos sobre localização de armazéns, segundo Sellito *et al.* (2015, apud SOUZA, PEREIRA e PONTES, 2015), o pioneiro na proposição de modelos para análise de localização de armazéns foi Alfred Weber, em que considerou os planos cartesianos na modelagem para a resolução destes problemas.

Quando o centro de distribuição possui uma localização bem definida, segundo Santos (2006) com a racionalidade do estoque, contribuindo para a redução do custo logístico total, pois desta maneira é permitido controlar melhor os níveis de estoque e as necessidades de reabastecimento. A distribuição física se beneficia da localização geográfica, com menores trajetos, volume maior de entrega, melhor ocupação dos veículos, otimização do tempo e custos.

Conforme Moura (2000), o principal papel de um centro de distribuição é o melhor nível de serviço ao consumidor, através da diminuição do *lead time* (tempo de ressuprimento) pela disponibilidade do produto e através da localização geográfica, por conta da proximidade com o principal mercado consumidor.

Retomando Ballou (2006), para se definir a localização de centros de distribuição, torna-se necessário analisar cinco categorias:

- Força direcionadora: a localização é determinada por uma força fundamental, no caso da localização de um varejo, por exemplo, é determinada pela receita a ser gerada.
- Número de instalações: a escolha de uma instalação é um problema diverso da localização de várias instalações. A escolha de uma instalação evita a necessidade de se considerar as forças competitivas, as divisões de demanda, os custos de instalações e a consolidação do estoque.
- Descontinuidade da escolha: Alguns métodos levam em consideração ao longo do tempo a decisão da escolha das instalações, estes métodos são chamados de contínuos. Outros, podem levar em consideração algumas opções viáveis, estes métodos são chamados de discretos.
- Grau de agregação de dados: o estudo de localização de centro de distribuição leva em consideração um número cada vez maior de configurações de projeto de rede. Para isso é necessário considerar a análise dos dados agregados, desta maneira, consegue-se limitar a uma análise a uma ampla área geográfica. No caso de métodos que usam escassa agregação de dados, suas análises limitam-se a localizações de pequenas áreas geográficas, como ruas, por exemplo.
- Horizonte de tempo: a utilização do horizonte do tempo para o estudo pode ser estática ou dinâmica. A estática leva em consideração um período limitado, tal como, um ano. Já a dinâmica, analisa a variação dos dados a serem estudados por um espaço maior de tempo.

2.2.1 Método de Centro de Gravidade ou Centróide.

O **método de centro de gravidade** é um método que consiste na análise de localização de um centro de distribuição, segundo Bowersox e Closs (2001), utilizando como direcionador o centro do peso, da distância, o centro combinado peso-distância ou ainda combinando centro-peso-distância.

Conforme Ballou (2016), para se solucionar os problemas de localização única, pode-se utilizar o método da gravidade. Através deste método pode-se avaliar a demanda existente, o volume de bens ou serviços e os custos de transportes, realizando a soma do produto conforme a fórmula 1:

$$= \sum_i V_i R_i d_i \quad (1)$$

Onde:

TC: Custo Total de Transporte

Vi: Volume no ponto i

Ri: Taxa de transporte até o ponto i

di: Distância até o ponto i da instalação a ser localizada

A localização da instalação é localizada através das coordenadas calculadas pelas fórmulas 2 e 3:

$$\bar{X} = \frac{\sum_i V_i R_i X_i}{\sum_i V_i R_i} \quad (2)$$

Onde:

\bar{X} : Coordenadas da instalação localizada

X_i : Coordenadas dos pontos de fonte e demanda

$$\bar{Y} = \frac{\sum_i V_i R_i Y_i}{\sum_i V_i R_i} \quad (3)$$

Onde:

\bar{Y} : Coordenadas da instalação localizada

Y_i : Coordenadas dos pontos de fonte e demanda

O d_i é estimado pela fórmula 4:

$$d_i = K\sqrt{(X_i - \bar{X})^2 + (Y_i - \bar{Y})^2} \quad (4)$$

Onde:

K: Fator de escala para converter unidade de coordenada em medida de distância, por exemplo, na utilização de milhas, quilômetros, etc.

Para encontrar o melhor resultado, deve-se substituir as equações 2 e 3 em 4 e por fim, substituir 4 em 1.

2.2.2 Método Multicritério.

O método multicritério é utilizado como um conjunto de critérios auxiliares para tomadas de decisões, desta maneira os vários critérios utilizados podem ser concorrentes entre si. Segundo Belton (2001), existem várias metodologias multicritérios que são divididas entre a escola americana e a escola europeia, a primeira denomina-se MCDM (*Multiplecriteria decision-making*), que visa buscar a solução ótima na tomada de decisão, a segunda, MCDA (*Multiple-criteria Decision Analysis*), que visa encontrar o pleno entendimento e auxílio na tomada de decisão.

3. METODO.

Para realizar o estudo do fluxo atual, será levado em conta a análise de dados do ano de 2015 para realizar as simulações necessárias. As simulações serão realizadas com a utilização da metodologia de centro de gravidade.

Tendo em vista a maneira de como será exposto o problema, entendemos que se trata de um método exploratórios, pois, segundo Gil (1999, apud OLIVEIRA, MAXWELL, 2011) o método científico é um conjunto de procedimentos intelectuais e técnicos utilizados para atingir o conhecimento.

As etapas utilizadas para a execução do trabalho está representada pela figura 2.

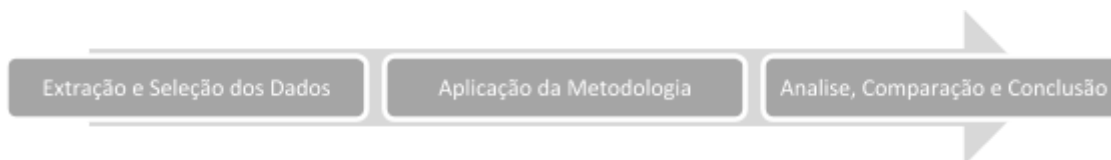


Figura 2: Sequencia da metodologia aplicada ao trabalho. Fonte: O Autor.

3.1 Extração e Seleção dos Dados.

Etapa em que os dados são selecionados, sendo utilizado o ano de 2015 como base para análise e simulações que ocorrerão para realizar as análises, de maneira a consolidar o ano inteiro e não por mês.

3.2 Aplicação da Metodologia.

Etapa em que se aplica a metodologia, sendo a metodologia escolhida o método de centro de gravidade, pois a principal análise está relacionada ao transporte. Outros custos serão levados em consideração, mas apenas para a simulação. Com isso serão utilizadas as fórmulas 1, 2, 3 e 4.

3.3 Análise, Comparação e Conclusão.

Etapa em que será analisado o resultado da aplicação da metodologia, será criado um ou mais cenários para a análise de custos. Após a criação dos cenários, os mesmos serão comparados para que se conclua identificando qual será utilizado e a razão desta escolha.

4. DESENVOLVIMENTO.

4.1 Perfil da Empresa e Produtos.

A empresa que será analisada é do ramo de adquirência, ou seja, trata-se de uma facilitadora de meios de pagamento, na utilização de cartões de crédito e débito. Ela é responsável pelo fornecimento, via aluguel, de equipamentos compatíveis com os cartões que são utilizados no mercado, para que seja possível a realização de pagamentos de maneira digital em estabelecimento de segmentos comerciais, industriais, prestadores de serviço, etc.

O porte da empresa é grande, pois trata-se de uma prestadora de serviço com mais de 100 funcionários e faturamento acima de 35 milhões ao ano e sua região de atividade é nacional, para todos os estados do Brasil, menos a região sul (Rio Grande do Sul, Santa Catarina e Paraná). Participa do mercado brasileiro há 8 anos.

Os produtos são pequenos, de baixo dimensionamento e peso, possuem variação de tecnologia, mas que não interferem no abastecimento ao cliente. Os produtos constituem uma cadeia puxada (*make-to-order*), de maneira que o planejamento é quem decide para onde e quando o produto será enviado.

4.2 Situação atual.

A empresa possui sua cadeia definida por um centro de distribuições que abastece diversos postos avançados pelo país, que por fim, abastecem o consumidor final; o contrário também ocorre, no caso de os postos avançados coletarem equipamentos e reversarem ao centro de coleta. Este centro de coleta está localizado na cidade de Osasco-SP e os postos avançados se localizam em todos os estados brasileiros totalizando 24 postos, sendo um por estado, excusa a região sul (Rio Grande do Sul, Santa Catarina e Paraná) Como pode-se observar na figura 3, o triângulo refere-se ao centro de coleta e os círculos referem-se aos postos avançados. A região com maior demanda é a região sudeste, por isso o centro de coleta encontra-se nesta região, de maneira a se ter uma operação centralizada A tabela 1 apresenta a demanda anual de 2015 e as coordenadas geográficas de cada posto avançado, que será utilizada em todo o estudo.



Figura 3: Mapa da situação atual da empresa Centro de Distribuição-Postos Avançados. Fonte: O autor.

Como pode-se observar na figura 3, o triângulo refere-se ao centro de distribuição e os círculos referem-se aos postos avançados. A região com maior demanda é a região sudeste, por isso o centro de distribuição encontra-se nesta região, de maneira a se ter uma operação centralizada, com apenas um centro de coleta para atender toda a demanda. A tabela 1 apresenta a demanda anual de 2015 e as coordenadas geográficas de cada posto avançado, que será utilizada em todo o estudo.

Tabela 1: Demanda anual de 2015 por posto avançado, região, latitude e longitude da localidade dos postos avançados. Fonte: O Autor.

UF	Região	Volume Anual	Latitude	Longitude
AL	Nordeste	16 000	-9,652693	-35,731397
BA	Nordeste	74 731	-12,144757	-44,995112
CE	Nordeste	32 912	-3,839616	-38,592424
MA	Nordeste	11 161	-2,533425	-44,289699
PB	Nordeste	12 987	-7,124117	-34,882729
PE	Nordeste	58 977	-8,154044	-34,916977
PI	Nordeste	7 251	-5,136371	-42,799345
RN	Nordeste	11 699	-5,818781	-35,227221
SE	Nordeste	10 375	-10,909842	-37,058672
AC	Norte	784	-9,964371	-67,814158
AM	Norte	1 595	-3,105754	-60,023993
AP	Norte	584	0,002579	-51,086096
PA	Norte	2 421	-1,458021	-48,489393
RO	Norte	2 805	-10,891928	-61,917381
RR	Norte	436	2,850072	-60,716964
TO	Norte	1 479	-10,339597	-48,294940

ES	Sudeste	11 419	-20,329796	-40,292134
MG	Sudeste	85 020	-16,747671	-43,865839
RJ	Sudeste	89 113	-22,897559	-42,037294
SP	Sudeste	247 487	-23,552233	-46,659940
DF	Centro-Oeste	3 616	-15,874654	-48,000796
GO	Centro-Oeste	3 123	-16,689694	-49,251973
MS	Centro-Oeste	2 319	-20,456833	-54,604676
MT	Centro-Oeste	3 191	-15,607284	-56,057515
SP	Descarte	445 288	-23,680000	-46,560000

Na tabela 1, apresenta-se na coluna UF os estados que abrigam os postos avançados, a coluna Região refere-se a regional, a coluna Demanda Anual (V) refere-se a demanda em quantidade de equipamentos reversados e as colunas Latitude e Longitude referem-se, respectivamente, a latitude e longitude do posto avançado. Na tabela 2, verifica-se o custo operacional atual anual.

Tabela 2: Custo anual para atendimento da demanda. Fonte: O Autor.

UF	Região	Volume Anual	R (Preço Frete Por KM Unitário)	Distância (d)	Custo
AL	Nordeste	16 000	0,0700	1 968,13	2 204 360
BA	Nordeste	74 731	0,0700	1 277,79	6 684 287
CE	Nordeste	32 912	0,0700	2 367,09	5 453 422
MA	Nordeste	11 161	0,0700	2 347,46	1 833 916
PB	Nordeste	12 987	0,0700	2 249,15	2 044 676
PE	Nordeste	58 977	0,0700	2 155,15	8 897 315
PI	Nordeste	7 251	0,0700	2 088,81	1 060 278
RN	Nordeste	11 699	0,0700	2 347,05	1 922 020
SE	Nordeste	10 375	0,0700	1 767,08	1 283 380
AC	Norte	784	0,0800	2 783,53	174 561
AM	Norte	1 595	0,0800	2 705,41	345 232
AP	Norte	584	0,0800	2 657,35	124 088
PA	Norte	2 421	0,0800	2 458,53	476 090
RO	Norte	2 805	0,0800	2 192,64	492 098
RR	Norte	436	0,0800	3315,81	115 523
TO	Norte	1 479	0,0800	1 473,40	174 379
ES	Sudeste	11 419	0,0900	800,52	822 718
MG	Sudeste	85 020	0,0900	816,77	6 249 757
RJ	Sudeste	89 113	0,0900	528,91	4 241 920
SP	Sudeste	247 487	0,0900	12,07	268 835
DF	Centro-Oeste	3 616	0,0850	859,21	264 100
GO	Centro-Oeste	3 123	0,0850	806,61	214 120
MS	Centro-Oeste	2 319	0,0850	936,07	184 538
MT	Centro-Oeste	3 191	0,0850	1 356,50	367 872
SP	Descarte	445 288	0,0850	130,84	4 952 368
Tota l					50 851 852

Observa-se que o custo anual total é de R\$50.851.852,45, através da fórmula (1) e a distância é calculada pela fórmula (4) utilizando a coordenada atual do centro de coleta. Para o cálculo de d, utiliza-se o conversor k de valor 111,19, constante de transformação da unidade de latitude e longitude em quilômetros sendo definido por padrão de conversão. Para o cálculo da distância é utilizado o recálculo das latitudes e longitudes a partir de um ponto de referência que será visto na discussão. Os valores da coluna R (Preço Frete Por KM Unitário) são definidos por análise de transporte e cotações divulgadas pela empresa.

4.2 Situação futura.

A situação que é proposta é a descentralização da operação com a atribuição de dois centros de distribuição, com a localização definida através do modelo de centro de gravidade para a localização de entrepostos.

A operação é mantida com o centro de coleta e postos avançados, entretanto, seguindo a premissa de que será introduzido apenas mais um centro de coleta, sendo o primeiro para o atendimento sudeste e centro-oeste e o segundo para atender a região norte e nordeste.

4.3 Discussão.

A aplicação do modelo de centro de gravidade se dá através da análise da demanda anual de 2015, na qual podemos verificar na figura 3. Para o início da aplicação do modelo, deve-se definir um ponto de referência em grau decimal, conforme tabela 3.



Figura 3: Ponto de referência para o cálculo do centro de gravidade. Fonte: Google Maps.

Tabela 3: Latitude e longitude do ponto de referência. Fonte: O Autor.

Localidade	Latitude	Longitude
Ponto de Referência	-26,780660	-32,439581

O ponto de referência serve para realizar o cálculo a partir de um ponto zero, por exemplo, após a definição deste ponto de referência é recalculado todos os pontos (postos avançados, centro de distribuição, etc) adotando o ponto de referência como marco zero, pode-se perceber este cálculo na tabela 4.

Tabela 3: Latitude e longitude recalculados através do ponto de referência. Fonte: O Autor.

UF	Região	Volume Anual	Latitude	Longitude	Latitude X	Longitude Y
AL	Nordeste	16 000	-9,652693	-35,731397	17,127967	-3,291816
BA	Nordeste	74 731	-12,144757	-44,995112	14,635903	-12,555531
CE	Nordeste	32 912	-3,839616	-38,592424	22,941044	-6,152843
MA	Nordeste	11 161	-2,533425	-44,289699	24,247235	-11,850118
PB	Nordeste	12 987	-7,124117	-34,882729	19,656543	-2,443148
PE	Nordeste	58 977	-8,154044	-34,916977	18,626616	-2,477396
PI	Nordeste	7 251	-5,136371	-42,799345	21,644289	-10,359764
RN	Nordeste	11 699	-5,818781	-35,227221	20,961879	-2,787640
SE	Nordeste	10 375	-10,909842	-37,058672	15,870818	-4,619091
AC	Norte	784	-9,964371	-67,814158	16,816289	-35,374577
AM	Norte	1 595	-3,105754	-60,023993	23,674906	-27,584412
AP	Norte	584	0,002579	-51,086096	26,783239	-18,646515
PA	Norte	2 421	-1,458021	-48,489393	25,322639	-16,049812
RO	Norte	2 805	-10,891928	-61,917381	15,888732	-29,477800
RR	Norte	436	2,850072	-60,716964	29,630732	-28,277383
TO	Norte	1 479	-10,339597	-48,294940	16,441063	-15,855359
ES	Sudeste	11 419	-20,329796	-40,292134	6,450864	-7,852553
MG	Sudeste	85 020	-16,747671	-43,865839	10,032989	-11,426258
RJ	Sudeste	89 113	-22,897559	-42,037294	3,883101	-9,597713
SP	Sudeste	247 487	-23,552233	-46,659940	3,228427	-14,220359
DF	Centro-Oeste	3 616	-15,874654	-48,000796	10,906006	-15,561215
GO	Centro-Oeste	3 123	-16,689694	-49,251973	10,090966	-16,812392
MS	Centro-Oeste	2 319	-20,456833	-54,604676	6,323827	-22,165095
MT	Centro-Oeste	3 191	-15,607284	-56,057515	11,173376	-23,617934
SP	Descarte	445 288	-23,680000	-46,560000	3,100660	-14,120419

Pode ser visto na tabela 4 que as colunas Latitude X e Longitude Y correspondem aos recálculos de latitude e longitude utilizando o ponto de referência como marco zero.

A partir deste momento é realizado os cálculos dos cenários que serão propostos apenas para transportes, levando-se em consideração um centro de coleta para NO/NE e um centro de coleta para CO/SE, como pode ser visto na tabela 5.

Tabela 5: Representação das coordenadas dos centros de coleta centro-oeste/sudeste e norte/nordeste. Fonte: O Autor.

CD	Coordenada X	Coordenada Y	Cidade
Centro-oeste e Sudeste	-22,74646	-45,84356	Extrema - MG
Norte e Nordeste	-8,32182	-37,46152	Arco Verde - PE

O que pode ser observado na tabela 5 é que através do cálculo de centro de gravidade encontra-se para a região CO/SE a cidade de Extrema – MG, sendo que as coordenadas são correspondentes a um ponto muito próximo de extrema. Já para a região NO/NE se encontra a cidade de Arco Verde – PE, sendo as coordenadas correspondentes a um ponto muito próximo também. Com as cidades definidas, verifica-se o custo de transporte nas tabelas 6 e 7, sendo respectivamente para os centros de coletas das regiões NO/NE e CO/SE.

UF	Região	Custo Proposto
AL	Nordeste	271 835,06
BA	Nordeste	4 913 813,09
CE	Nordeste	1 184 167,13
MA	Nordeste	777 577,68
PB	Nordeste	287 411,83
PE	Nordeste	1 170 577,11
PI	Nordeste	350 833,53
RN	Nordeste	305 505,93
SE	Nordeste	211 509,55
AC	Norte	211 956,98
AM	Norte	328 576,38
AP	Norte	82 899,39
PA	Norte	279 685,12
RO	Norte	613 646,75
RR	Norte	99 944,58
TO	Norte	108 964,93
PE	Descarte	5 370 469,87
Total		16 569 374,89

Tabela 6: Representação dos custos para os centros de coletas de norte/nordeste. Fonte: O Autor.

UF	Região	Custo Proposto
ES	Sudeste	691 882,56
MG	Sudeste	5 374 038,22
RJ	Sudeste	3 396 948,76
SP	Sudeste	2 840 812,32
DF	Centro-Oeste	246 160,33
GO	Centro-Oeste	205 134,18
MS	Centro-Oeste	198 493,89
MT	Centro-Oeste	378 748,91
SP	Descarte	4 952 367,79
Total		18 284 586,96

Tabela 7: Representação dos custos para os centros de coletas de CO/SE. Fonte: O Autor.

Pela análise de transporte percebe-se que é vantajoso realizar a descentralização, pois no cenário atual o custo é de R\$50.851.852,45, sendo que com a alteração o custo seria de R\$34.853.961,85, entretanto deve-se levar em consideração o custo total, envolvendo projeto de construção dos novos centros de coleta. Para esta análise será verificado três cenários, o primeiro é a situação atual, o segundo é a simulação da construção de um novo centro de coleta em Extrema – MG e a construção do centro de coleta em Arco Verde – PE e o terceiro será a manutenção do centro de coleta atual e apenas a construção do centro de coleta em Arco Verde – PE, sendo que o centro de coleta atual seria utilizado para atender a demanda CO/SE, fazendo o papel que o centro de coleta de Extrema – MG realizaria no cenário 2. O cenário 1 pode ser verificado na tabela 8, o cenário 2 pode ser verificado na tabela 9 e o cenário 3 pode ser observado na tabela 10.

Tabela 8: Custos para o cenário 1. Fonte: O Autor.

TIPO DE CUSTO	VALOR ATUAL
CUSTO TOTAL DO PROJETO (CONSTRUÇÃO)	R\$ 0
EQUIPAMENTOS	R\$ 0
MATERIAL LOGÍSTICO (PALETES)	R\$ 0
RECURSOS (MÃO DE OBRAS)	R\$ 268 180
CUSTO OPERACIONAL ANUAL	R\$ 579 600
CUSTO DE TRANSPORTE	R\$ 50 851 852
Total	R\$ 51 699 632

Pode se perceber que no cenário 1 o maior custo é com transporte, sendo custo de projeto, equipamentos e materiais logístico zero.

Tabela 9: Custos para o cenário 2. Fonte: O Autor.

TIPO DE CUSTO	VALOR NE/CO	VALOR SE/CO	TOTAL
CUSTO TOTAL DO PROJETO (CONSTRUÇÃO)	R\$ 707 779	R\$ 1 254 450	R\$ 1 962 229
EQUIPAMENTOS	R\$ 1 555 350	R\$ 3 607 200	R\$ 5 162 550
MATERIAL LOGÍSTICO (PALETES)	R\$ 75 000	R\$ 75 000	R\$ 150 000
RECURSOS (MÃO DE OBRAS)	R\$ 176 594	R\$ 211 002	R\$ 387 596
CUSTO OPERACIONAL ANUAL	R\$ 579 600	R\$ 666 540	R\$ 1 246 140
CUSTO DE TRANSPORTE	R\$ 16 569 375	R\$ 18 284 587	R\$ 34 853 962
Total	R\$ 19 663 698	R\$ 24 098 779	R\$ 43 762 477

Para o cenário 2 o custo se torna inferior, mesmo com o custo de projeto sendo maior que o cenário anterior, entretanto, o custo de transporte é um fator que compensa.

Tabela 10: Custos para o cenário 3. Fonte: O Autor.

TIPO DE CUSTO	VALOR NE/CO	VALOR SE/CO	TOTAL
CUSTO TOTAL DO PROJETO (CONSTRUÇÃO)	R\$ 707 779	R\$ 0	R\$ 707 779
EQUIPAMENTOS	R\$ 1 555 350	R\$ 0	R\$ 1 555 350
MATERIAL LOGÍSTICO (PALETES)	R\$ 75 000	R\$ 0	R\$ 75 000
RECURSOS (MÃO DE OBRAS)	R\$ 176 594	R\$ 211 002	R\$ 387 596
CUSTO OPERACIONAL ANUAL	R\$ 579 600	R\$ 666 540	R\$ 1 246 140
CUSTO DE TRANSPORTE	R\$ 16 569 375	R\$ 17 577 105	R\$ 34 146 480
Total	R\$ 19 663 698	R\$ 18 454 647	R\$ 38 118 344

Para o cenário 3, o custo é ainda menor devido a redução do custo de transporte e ao custo zero com projeto, equipamentos e materiais logístico do centro de coleta da região SE/CO. O comparativo dos três cenários pode ser visualizado na tabela 11.

Tabela 11: Comparação do cenário 1, cenário 2 e cenário3. Fonte: O Autor.

TIPO DE CUSTO	CENÁRIO 1	CENÁRIO 2	CENÁRIO 3
CUSTO TOTAL DO PROJETO (CONSTRUÇÃO)	R\$ 0	R\$ 1 962 229	R\$ 707 779
EQUIPAMENTOS	R\$ 0	R\$ 5 162 550	R\$ 1 555 350
MATERIAL LOGÍSTICO (PALETES)	R\$ 0	R\$ 150 000	R\$ 75 000
RECURSOS (MÃO DE OBRAS)	R\$ 268 180	R\$ 387 596	R\$ 387 596
CUSTO OPERACIONAL ANUAL	R\$ 579 600	R\$ 1 246 140	R\$ 1 246 140
CUSTO DE TRANSPORTE	R\$ 50 851 852	R\$ 34 853 962	R\$ 34 146 480
Total	R\$ 51 699 632	R\$ 43 762 477	R\$ 38 118 344

Com a comparação entre o cenário 1, cenário 2 e cenário 3, percebe-se que o cenário 3 é o mais vantajoso, com a manutenção do centro de coleta na localização atual, reduzindo o custo de projeto, equipamentos e materiais logísticos e construindo apenas um centro de coleta em Pernambuco. A figura 4 demonstra como seria o cenário 3. Com a aplicação deste cenário a redução seria de R\$13.581.288,00 que corresponde a 26%.



Figura 4: Situação proposta com aplicação do cenário 3. Fonte: O Autor

5. CONCLUSÃO.

Pode-se verificar no estudo que o objetivo de reduzir custos com a utilização do **modelo de centro de gravidade** foi atingido, de maneira a diminuir as distâncias percorridas pelo transporte. Esta redução se concentrou na região norte/nordeste com a inclusão de um centro de coleta centralizando toda a reversa de equipamentos desta região. Verificou-se também que com a simulação de três cenários pode-se identificar a oportunidade de manter

um centro de coleta que já estava instalado, sendo assim a redução de custo foi potencializada pela redução de custo com novas instalações.

Para futuras análises pode ser levado em consideração a inclusão de mais um centro de distribuição para a realização de novas simulações. Também deve ser levado em consideração novos métodos para se atingir o ponto ótimo para o custo operacional. Um ótimo modelo seria o multicritério, por levar em consideração muito mais vertentes do que o que foi verificado neste estudo.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

Ballou, R.H. (2006) *Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos/Logística Empresarial*. 5. ed. Porto Alegre: Bookman.

Moura, R. A. (2000) *Administração de Armazéns*. Instituto IMAM.

Leite, P. R. (2002) *Logística Reversa: Nova Área da Logística Empresarial*. Revista Tecnológica. Ed. Publicare.

Oliveira, M. F. (2011) *Metodologia Científica: um manual para realização de pesquisas em administração*.

Brito, Marisa P.; Dekker, R. *A framework for reverse logistics*. Springer Berlin Heidelberg, 2004.

Avoleta, A. Q. (2013). *Dimensionamento de estoque de embalagens retornáveis em uma cadeia de suprimentos de laço fechado*.

Bilal, K. (2009). *Exposé sous thème de la retro-logistique*. Consulta internet - <https://pt.scribd.com/doc/98051284/La-Logistique-Inverse>

Sellitto, Miguel Afonso, et al. (2015) *Localização de bases de assistência técnica de um prestador de serviços de manutenção de bombas de combustível*. Revista Produção Online 15.1.

Bowersox, D. J., & Closs, D. J. (2001). *Logística empresarial. São Paulo: Atlas, 11*.

BELTON V. and STEWART T. J.. *Multiple Criteria Decision Analysis: An integrated approach*. Massachusetts: Kluwer Academic Publisher, 2002.