



OTIMIZAÇÃO DE ROTA PARA REDUÇÃO DOS CUSTOS LOGISTICOS NA ENTREGA DE MERCADORIAS DE UMA FABRICA DE UTENSÍLIOS DE ALUMÍNIO

Aline Fagundes da Fonseca da Silva (UFERSA) -alinefonseca-@hotmail.com

Marcos Marcondes Do Amaral Marinho (UFERSA) -marcondesapodi@gmail.com

Débora Cristina Araújo Medeiros (UFERSA) -debinhacm88@gmail.com

Dayane Maria Teixeira Palitot (UFERSA) -dayanepalitot@gmail.com

Ramon Nolasco da Silva (UFERSA) -ramonsnolasco@hotmail.com

Resumo:

Este artigo apresenta uma maneira de otimizar diversas situações reais que envolvem a roteirização e redução dos caminhos, que podem ser modelados através do problema do caixeiro viajante. Utilizando como auxílio, o software LOGWARE foi possível encontrar a melhor rota para a realização das entregas dos utensílios domésticos de alumínio em diversas cidades localizadas no Rio Grande do Norte. Tendo como finalidade reduzir as distâncias percorridas proporcionando maior agilidade na entrega. A distribuição dos utensílios de alumínio deve ser realizada com menor percurso e o caminho a ser percorrido deve iniciar em Mossoró, passar por todas as cidades apenas uma única vez e retornar para cidade de origem. Os resultados obtidos por meio do LOGWARE foram consideravelmente melhores do que os percursos antes utilizados pela empresa.

Palavras Chave:

Problema do Caixeiro Viajante. LogWare. Roteirização

1. Introdução

Este artigo trata de uma indústria de utensílios de alumínio para o uso doméstico, localizada na cidade de Mossoró – RN. E analisa o seu problema de roteirização já que,





a própria indústria é a responsável pela entrega de seus produtos e só possui um veículo para isso.

Para tanto, Cunha (1997) define o termo roteirização de veículos como equivalente ao inglês “routing”, que serve para designar o processo para escolha de uma ou mais rotas ou sequências de paradas a serem cumpridas pelos veículos da frota, e esse termo tem o objetivo de visitar um conjunto de pontos geograficamente dispersos, em locais pré-determinados que precisem ser atendidos.

O objetivo do presente trabalho é apresentar um modelo ótimo de roteirização, utilizando o caixeiro viajante através do software Logware, na indústria de alumínio em análise que inicie e finalize na cidade de Mossoró percorrendo a menor rota para a realização das entregas, afim de reduzir seus custos logísticos.

2. Metodologia

O processo metodológico deste estudo foi inicialmente realizado através de uma pesquisa bibliográfica que segundo Gil (2002), tal pesquisa é baseada em um estudo aprofundado, que visa permitir o detalhamento do conhecimento, ocorre através de materiais elaborados, como livros e artigos, utilizados para embasar o trabalho. A fim, de abordar alguns temas relacionados à Engenharia de Produção referente à logística, incluindo conceitos como de custos logísticos, o problema do caixeiro viajante e roteirização, tendo como auxílio o software LogWare, para servir como ferramenta de apoio a tomada de decisão da melhor rota a ser realizada pela empresa em estudo.

Esta pesquisa foi realizada forma quantitativa e qualitativa através da coleta de dados de quais cidades e as distancias que deveram ser percorridas, por meio de visitas técnicas e entrevistas realizadas com o gerente e funcionários. Sendo a pesquisa dividida em três etapas coerentes com sua execução, que foram: estudo bibliográfico, coleta de dados, estruturação e tratamento de dados e informações através de visitas realizadas numa fabrica de utensílios de alumínio situada na cidade de Mossoró/RN. Com o intuito de otimizar a rota da entrega dos produtos, possibilitando uma redução nos custos e uma rápida entrega.





3. Fundamentação teórica

3.1. Logística

Segundo Christopher (1997), o termo logística é definido como um processo que gerencia de modo estratégico a aquisição, movimentação e armazenagem de materiais, peças e produtos acabados por meio da organização e do marketing, de maneira capaz maximizar a lucratividade presente e futura através do atendimento dos pedidos a baixo custo.

Já de acordo Novaes (2001, p.36), Logística é processo que necessita de planejamento, implementação e controle, para se tornar eficiente e atender às exigências dos seus clientes:

Logística é o processo de planejar, implementar e controlar de maneira eficiente o fluxo e a armazenagem de produtos, bem como os serviços e informações associados, cobrindo desde o ponto de origem até o ponto de consumo, com objetivo de atender aos requisitos do consumidor.

Conforme Faria (2005), o objetivo da logística é proporcionar ao cliente níveis de serviço por eles requeridos, buscando entregar o “produto certo, no lugar certo, no momento certo, nas condições certas e pelo custo certo”.

De acordo com Moura (2004), a função da logística é tornar disponíveis produtos e serviços no local e no momento em que são necessários pelos clientes. O desafio enfrentado pela logística é encontrar a melhor maneira de reduzir a distância entre a produção e a demanda.

3.2. Custos logísticos

De acordo com Faria (2005), Custos Logísticos são os custos referentes ao planejamento, implementação além do controle de todo o processo de inventário, que se inicia desde as entradas (input), passa pelos processos, até chegar ao final com as saídas (output).





Christopher (2010), afirma alguns dos princípios básicos do custeio logístico. O primeiro princípio consiste no sistema refletir o fluxo de materiais, ou seja, o sistema deve perceber os custos resultantes do fornecimento de serviços ao cliente. O segundo princípio diz respeito ao sistema ser capaz de permitir diagnósticos separados de custo e receita, a serem realizados por tipo de clientes, segmento de mercado, ou canal de distribuição. A última exigência feita, diz respeito aos perigos em se utilizar médias, como por exemplo, o custo médio por entrega, já que isso pode camuflar alterações substanciais em cada lado da média.

Segundo o mesmo autor, para operacionalizar tais princípios, é necessário que exista uma orientação de “resultado” para o custeio, isto é, deve-se realizar a definição dos resultados que serão almeçados pelo sistema logístico, e após isso, procurar identificar os custos associados ao alcance de tais resultados. Para Revista Tecnológica (2001 apud FILHO et al, 2003), os custos logísticos de uma empresa equivalem em média à 19% de seu faturamento, o que leva a considerar a importância de tais custos.

Conforme Economia e Negócios (2013), os custos logísticos voltaram a ascender, e passou a representar cerca 11,5% (507 bilhões) do PIB no ano de 2012. No ano de 2008 tais custos representavam 10,9%, e ao ano de 2010 ocorreu uma pequena redução de 0,3% (10,6%), que mesmo pequena em percentual ainda significa um grande avanço, pois, essa redução chegou a quase 40 bilhões, tornando uma minimização significativa dos custos logísticos.

3.2.1. Tipos de transportes e seus custos

Para Alvarenga e Novaes (2000), desenvolver um sistema de transporte necessita de uma visão sistêmica para realizar o planejamento, mas para isso é imprescindível que se conheça os fluxos das mais distintas ligações da rede, o grau de serviço atual e esperado, as propriedades ou parâmetros existentes sobre a carga, os tipos de equipamentos disponíveis e suas características, além dos princípios relacionados à aplicação do enfoque sistêmico.





Conforme Ballou (2001), dependendo das características do serviço, será necessário à escolha de um modal de transporte, onde este pode ser utilizado como forma de desenvolver vantagens competitivas nos serviços. Portanto, Ballou (2001) destaca algumas particularidades dos modais de transporte que são:

- **Ferroviário:** é utilizado no deslocamento de amplas toneladas de produtos homogêneos, para percorrer longas distâncias. Os custos relacionados a este tipo de modal diz respeito ao cálculo da multiplicação da tarifa ferroviária pela densidade (do produto), ele apresenta altos custos fixos em equipamentos, terminais e vias férreas entre outros. Porém, seu custo variável é baixo;
- **Rodoviário:** é utilizado no deslocamento de produtos acabados e semi-acabados em pequenas distâncias, além de possuir preços de frete bastante elevados. Com relação aos gastos, possui custos fixos baixos (rodovias estabelecidas e construídas com fundos públicos), porém seu custo variável (combustível, manutenção, etc.) é médio. Como exemplo dos custos, tem-se: salário do motorista, seguro do veículo, IPVA, depreciação do equipamento, pedágios, óleos lubrificante e combustível;
- **Hidroviário:** são utilizados para o transporte de grânéis líquidos, produtos químicos, areia, carvão, cereais, além de alto valor em contêineres. Já em relação aos custos, este modal apresenta custo fixo médio (navios e equipamentos) e custo variável baixo (capacidade para transportar grande quantidade de tonelagem). É o modal que possui os custos mais baixos. Como exemplo dos custos tem-se: salário da tripulação, seguro da embarcação, depreciação do equipamento, manuseio de carga, taxa portuária, óleos lubrificante e combustível;
- **Aeroviário:** é utilizado principalmente nos transportes de cargas de alto valor unitário (artigos eletrônicos, relógios, alta moda) e perecíveis (flores, frutas nobres, medicamentos). Possui fretes mais caros que os do modal rodoviário, porém seu deslocamento é bem mais rápido, tornando





este modal mais indicado para longas distâncias. Com relação aos custos este modal é o que tem custo mais elevado em relação aos outros, onde, o seu custo fixo é alto (aeronaves, manuseio e sistemas de carga), bem como seu custo variável, pois, apresenta alto custo de combustível, mão de obra, manutenção, etc. Como exemplo dos custos tem-se: mão de obra, seguro da aeronave, depreciação do equipamento, movimentação de carga, frete aéreo, combustível;

- **Dutoviário:** é utilizado para transporte de líquidos e gases em grandes volumes e materiais que tem capacidade de permanecerem suspensos (petróleo bruto e derivados, minérios). Esta movimentação é bastante lenta, porém é recompensada por trabalhar 24 horas por dia e os sete dias da semana. Apresenta custo fixo mais elevado, por causa dos direitos de acesso, construções, a forma de controle das estações e da capacidade de bombeamento dos materiais, porém o seu custo variável é baixo, pois não possui custos com mão de obra importante. É considerado o segundo modal mais barato.

3.3. Roteirização

De acordo com Ballou (1993), quando uma empresa possui sua própria frota, ela pode encontrar diversos problemas relacionados ao despacho do veículo, que partem da base central para uma série de paradas intermediárias, e depois dessas viagens o veículo retorna então à base central.

Ainda segundo Ballou (1993), esses problemas de programação envolvem alguns fatores para serem certos, são eles: determinar a quantidade de veículos que serão incluídos no processo, suas capacidades, os pontos de parada para realizar a coleta dos produtos ou a entrega. Ballou (1993) comenta que, quando a roteirização envolve diversas paradas e veículos, a quantidade de possibilidades de rotas é exorbitante, para resolver isso, é necessário dispor dos princípios operacionais para resultar boas





soluções. Sendo assim, o autor citado acima, explica como gerar bons roteiros partindo da aplicação de algumas regras. São elas:

- a) Dê início ao agrupamento pelo ponto (parada) mais afastada do depósito;
- b) Localize o ponto seguinte, usando o ponto disponível que esteja mais perto do centroide dos pontos no grupo. Acrescente esse ponto ao grupo (veículo), caso não tenha ultrapassado a capacidade do veículo;
- c) Repita o passo 2 até que o veículo complete sua capacidade;
- d) Realize a sequência das paradas de maneira a ter a forma de uma gota d'água.
- e) Descubra o próximo ponto, que é a parada mais afastada do depósito ainda disponível, e repita os passos 2 e 4;
- f) Prossiga até que todos os pontos tenham sido designados.

3.3.1. Classificação e descrição dos principais problemas de roteirização de veículos

Para Bodin e Golden (1981) e Bodin *et al* (1983), os problemas de roteirização podem ser classificados em três categorias básicas:

- a) Problemas de Roteirização de Veículos: ocorrem quando não há restrições relacionadas ao tempo por parte dos clientes, nem relações de precedência entre os clientes. Em problemas desse tipo só é levado em consideração os aspectos espaciais. Tem como objetivo estabelecer um conjunto de rotas viáveis e de baixo custo;
- b) Problemas de Programação de Veículos: ocorre quando a definição das rotas leva em consideração os horários pré-estabelecidos para as atividades a serem executadas. Neste tipo de problema, a preparação das rotas considera os aspectos espaciais e temporais dos problemas;
- c) Problemas Combinados de Roteirização e Programação de Veículos: ocorre quando há determinado tipo de restrição de precedência e/ou janela de tempo. E essas janelas de tempo são consideradas como restrições horárias que são associadas ao





intervalo esperado para que um dado serviço seja executado num cliente. Nos problemas combinados tanto os aspectos espaciais quanto temporais são levados em consideração. Segundo Bodin e Golden (1981) os problemas que ocorrem na prática normalmente estão nessa categoria.

3.4. Caixeiro viajante

Para Murty (1985), o problema de caixeiro viajante considera-se n cidades, o objetivo de iniciar a rota de uma cidade, visitando as demais cidades apenas uma única vez, retornando à para a cidadeorigem da rota, de maneira que o caminho seja o menor possível em um tempo total de viagem mínimo.

Neste problema busca determinar um conjunto de rotas de menor custo que permitam ao caixeiro viajante (que são os veículos) visitar os nós (clientes ou cidades) de uma rede, onde todos os clientes devem ser visitados somente uma vez (BREJON e BELFIORE, 2006).

Resumindo, o problema é encontrar um caminho Hamiltoniano de menor tempo, ou de mínimo custo total, num grafo $G=(V,E)$, onde v é o conjunto de nós e E são os arcos. O problema do caixeiro viajante pode ser apresentado pelo modelo matemático adotado por Dantzig que consta em Goldbarg (2005), com a formulação conforme a equação a seguir:

$$\text{Minimizar } z = \sum_{i=1}^n C_{ij}X_{ij} \quad (1)$$

Sujeito a:

$$\sum_{i=1}^n X_{ij} = 1 \quad \forall j \in N \quad (2)$$

$$\sum_{j=1}^n X_{ij} = 1 \quad \forall i \in N \quad (3)$$





$$\sum_{i,j \in S} X_{ij} \leq |S| - 1 \quad \forall S \subset N \quad (4)$$

$$X_{ij} \in \{0,1\} \quad \forall i, j \in N \quad (5)$$

- (1) A função objetivo computa os custos da solução, busca minimizá-lo;
- (2) O caixeiro viajante entra apenas uma única vez em cada cidade;
- (3) O caixeiro viajante sai uma única vez de cada cidade;
- (4) Eliminação das sub-rotas;
- (5) Indica que as variáveis são binárias, atribuindo $X_{ij}=1$ se o percurso da cidade i para a cidade j é utilizado e $X_{ij}=0$ caso contrário.

O problema de caixeiro viajante tem sido muito usado no experimento de diversos métodos de otimização, é importante devido a três características: problema de fácil descrição, grande dificuldade de solução exata e larga aplicação prática. (SELONG e KRIPKA, 2009).

3.5. Logware

Segundo Ballou (1999) LOGWARE é um conjunto de programas úteis para realizar análises de uma grande variedade de problemas e estudos de caso logísticos. E nele estão contidos os seguintes módulos: FORECAST, ROUTE, ROUTESEQ, ROUTER, INPOL, COG, MULTICOG, PMED, WARELOCA, LAYOUT, MILES, TRANLPL, NPROG MIPROG e MULREG.

De acordo com Ballou (1999), o ROUTESEQ é um software heurístico que é capaz de resolver o problema do caixeiro viajante. O mesmo traça uma sequência de até 20 paradas em uma rota mais um ponto de origem. Cada parada e o ponto de origem são identificados por coordenadas lineares.

4. Estudo de caso





4.1 Caracterização do problema

A empresa objeto de estudo trata-se de uma indústria de alumínio para o uso doméstico na forma de painéis e outros utensílios, a mesma está localizada na cidade de Mossoró-RN e atua no estado do Rio grande do norte, Paraíba e Ceará. Essa empresa que foi objeto de estudo deste artigo, além de fabricar produtos de alumínio, também realiza a entrega dos mesmos. Em uma determinada rota, o empreendimento necessita realizar a entrega das mercadorias para dez localidades do estado do Rio Grande do Norte. Mas essa empresa de manufatura de utensílios de alumínio possui somente um caminhão para realização das entregas. Após cumprir a rota e efetuar as entrega o caminhão deverá retornar a cidade onde a empresa possui sede. Dessa forma, a problemática deste trabalho consiste em definir um roteiro de viagem ótimo, que inicie e finalize no município de Mossoró-RN, com o objetivo de percorrer o menor caminho, que satisfaça a rota que possui dez cidades onde serão realizadas as entregas. As cidades escolhidas foram: 1.Campo Grande, 2.Jucurutu, 3.Caicó, 4.Florânia, 5.Acari, 6.Tangará, 7.Serra Caiada, 8.Angicos , 9.Jardim do Seridó, 10.Upanema. Assim, todas as cidades anteriormente citadas estão situadas no estado do Rio Grande Do Norte. A seguir a figura 1 mostrará a disposição das cidades envolvidas na otimização de rota no mapa do estado do Rio Grandes do Norte.



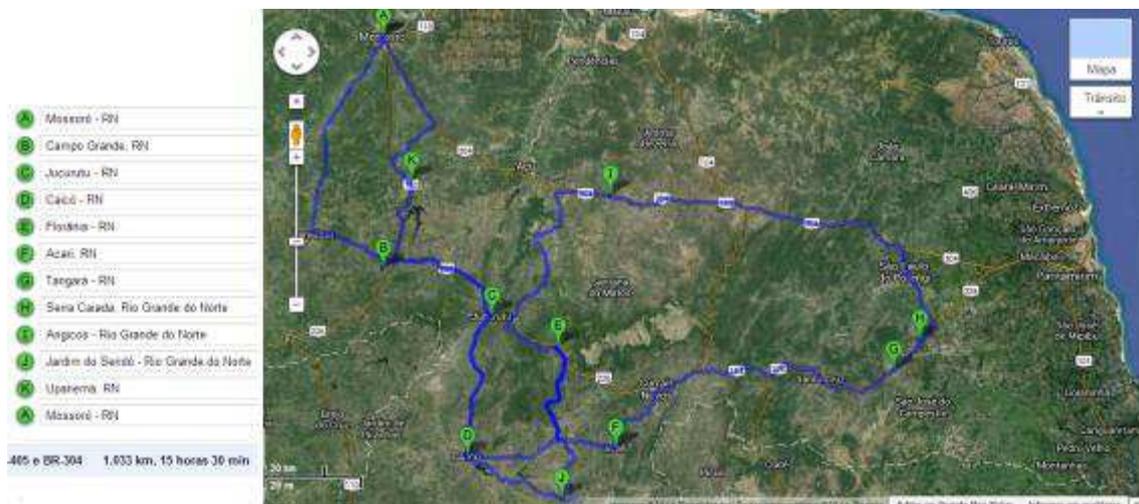
Figura 1: Localização das cidades no mapa do Rio grande do Norte.



Fonte: Adaptado da Internet (2014)

Após a definição da ordem de entrega, que foi escolhida com base na sequência de prioridade de pedidos por data de realização dos mesmos (do mais antigo ao mais atual), foi possível plotar a rota no site da Google maps no endereço eletrônico <https://maps.google.com.br> e obter a distância total percorrida entre as cidades isso com uma única restrição de rota, que obrigava o caminhão a iniciar e finalizar a rota na mesma cidade, no caso na cidade de Mossoró-RN. Na figura 2 será a ilustrada a rota atualmente adotada pela fábrica de alumínio estudada.

Figura 2: Rota considerando a prioridade da ordem de pedido



Fonte: Aurtoria Grupo (2014)

Observa-se na figura 2 anteriormente ilustrada, a rota inicialmente proposta possui alguns cruzamentos nas rodovias a serem utilizadas para realização das entregas das mercadorias, onde a mesma apresentou um percurso total de 1.033,00 km de extensão.

4.2 Métodos de resolução do problema

Para realização da otimização da rota foi utilizadas a função ROUTSEQ (função caixeiro viajante) do LOGWARE, mas devido as limitações do mesmo, foram seguidas as seguintes etapas para se obter os resultados otimizados:

- a) Inicialmente foram colhidas as coordenadas geográficas de todas as cidades contidas na rota e mais uma cidade (Cajazeiras-PB) que será usada como zero relativo no plano de coordenadas geográficas. A figura 3 na sequência ilustra a lista das cidades e suas respectivas coordenadas geográficas.

Figura 3: Lista de cidades e suas respectivas coordenadas geográficas

Lista de cidade e suas cordenadas	Longitude			Latitude		
	Graus	Minutos	Segundos	Graus	Minutos	Segundos
Cajazeiras PB (PONTO ZERO)	38	33	40	6	53	23
Mossoró	37	20	51	5	11	2
Campo Grande	37	20	24	5	53	29
Jucurutu	37	1	6	6	2	6
Caico	37	5	37	6	27	36
Florania	36	49	6	6	7	37
Acari	36	38	27	6	26	6
Tangara	35	47	57	6	11	49
Serra Caiada	35	43	8	6	12	3
Angicos	36	39	9	5	39	58
Jardim Serido	36	48	2	6	34	53
Upanema	37	15	14	5	37	22

Fonte: Autoria Grupo (2014)

- b) As coordenadas geográficas foram convertidas do modo $G^{\circ} M' e S''$ (Graus, Minutos e Segundos) para coordenadas do tipo cartesianas (X, Y);
- c) Cajazeiras-PB foi usada de modo conveniente para que os valores relativos das coordenadas das cidades contidas na rota a ficassem dentro do quadrante positivo;
- d) Logo após essas etapas as coordenadas relativas das cidades da rota foram ampliadas cem vezes para aumentar a precisão da otimização. A seguir a figura 4 ilustra as coordenadas cartesianas das respectivas cidades.

Figura 4: Coordenadas geográficas convertidas em coordenadas cartesianas relativas ampliadas cem vezes com base na localização de ponto zero relativo em Cajazeiras-PB

	Longitude			Latitude			
	x ABS	x Relativo	(X*100)	y ABS	Y Relativo	(y*100)	
Cajazeiras-PB(PONTO ZERO)	38,56	0,00	0	6,89	0,00	0	
Mossoró	37,35	1,21	121	5,18	1,71	170	
Campo Grande	37,34	1,22	122	5,89	1,00	99	
Jucurutu	37,02	1,54	154	6,04	0,85	85	
Caico	37,09	1,47	146	6,46	0,43	42	
Floriania	36,82	1,74	174	6,13	0,76	76	
Acari	36,64	1,92	192	6,44	0,45	45	
Tangara	35,80	2,76	276	6,20	0,69	69	
Serra Caiada	35,72	2,84	284	6,20	0,69	68	
Angicos	36,65	1,91	190	5,67	1,22	122	
Jardim Serido	36,80	1,76	176	6,58	0,31	30	
Upanema	37,25	1,31	130	5,62	1,27	126	

Fonte: Aatoria Grupo (2014)

- e) Após a definição das coordenadas relativas das cidades contidas na rota a ser otimizada, foi enfim utilizada a função ROUTSEQ presente no complexo de softwares LOGWARE. A figura 5 ilustra a apresentação do Software LOGWARE.

Figura 5: Utilização da ferramenta ROUTSEQ no LOGWARE.

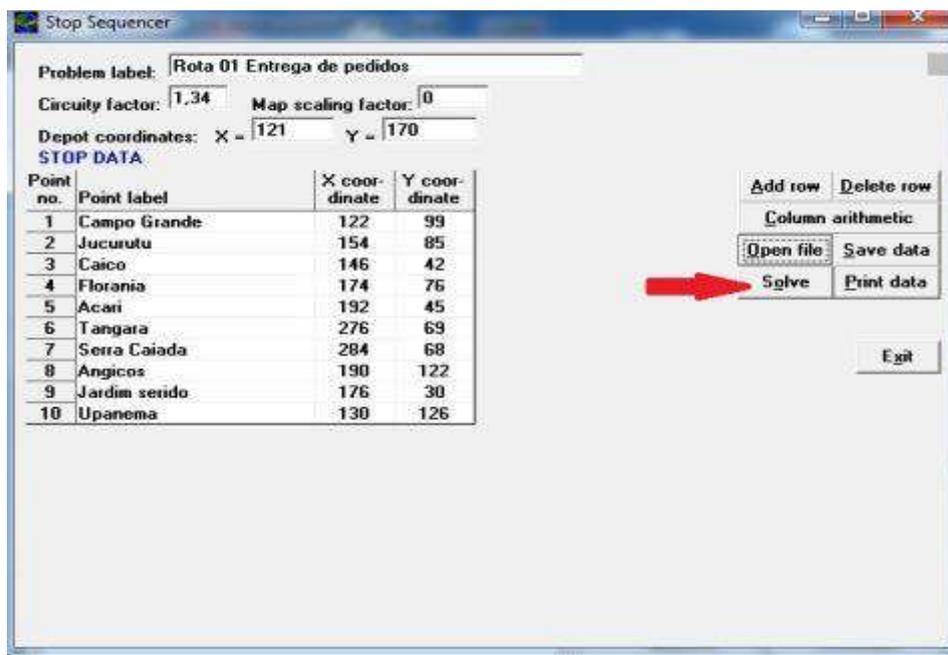


Fonte: Aatoria Grupo (2014)

- f) Na ferramenta ROUTSEQ foram preenchidas as informações necessárias para o cálculo da rota ótima respeitando as restrições pressupostas no método do

caixeiro viajante. A seguir a figura 6 mostra a janela de inserção dos dados do ROUTSEQ.

Figura 6: Inserção dos dados e comando “solve” no ROUTSEQ



Fonte: Aurtoria Grupo (2014)

- g) Posterior às etapas anteriores, foi calculada a rota ótima para as cidades desejadas para que o caminho fosse o mínimo possível através do método de modelagem linear do caixeiro viajante contido no ROUTESEQ.

4.3. Resultados obtidos

Após os dados serem processados, o programa LOGWARE através de sua ferramenta ROUTSEQ resolveu a heurística otimizando assim a antiga rota anteriormente citada. O resultado obtido culminou em uma nova definição de rota com a seguinte sequencia: Mossoró (Depósito) -10.Upanema- 1.Campo Grande - 2.Jucurutu - 4.Florânia- 3.Caicó - 9.Jardim do Seridó - 5.Acari - 7.Serra Caiada - 6.Tangará - 8.Angicos- Mossoró(Depósito).Este roteiro corresponde ao trajeto de menor distância para

percorrer as 10 cidades, sem passar duas vezes pela mesma cidade, que inicia e termina em Mossoró. A figura 7 a seguir mostra a tela de resultados obtida pela heurística do software utilizado.

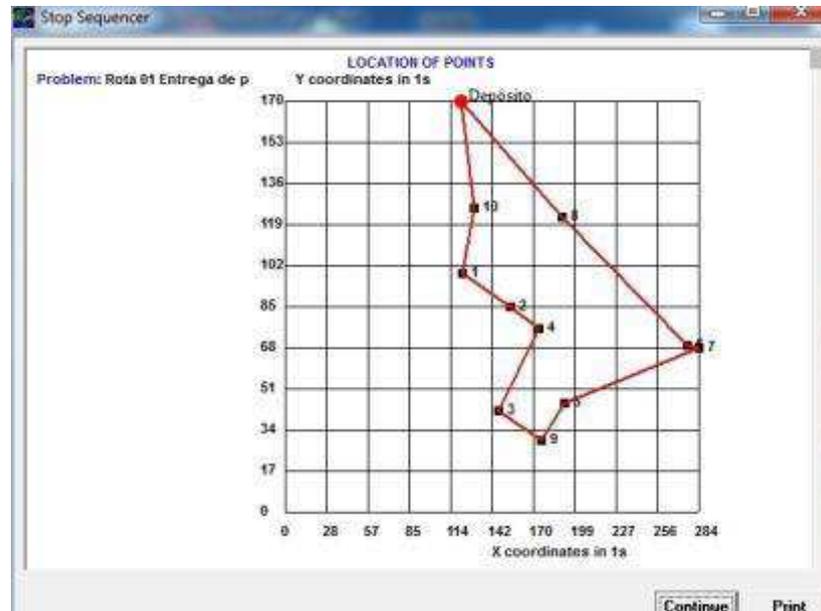
Figura 7: Resultado da Heurística do ROUTSEQ.



Fonte: Aatoria Grupo (2014)

Assim, com a definição da nova rota, a sequência de cidades a serem realizadas as entregas foi assim plotada no plano cartesiano do ROUTESEQ mostrando o percurso linear da nova rota de entrega de mercadorias. A rota linear teórica será ilustrada pela figura 8 na sequência.

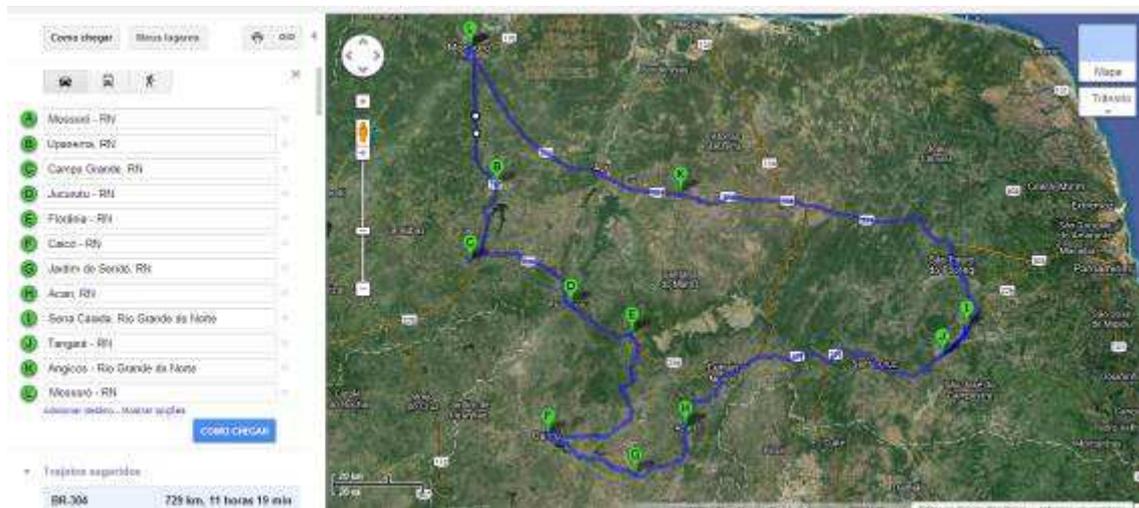
Figura 8: Nova rota de entregas mercadorias (teórica linear).



Fonte: Aatoria Grupo (2014)

Com a nova sequência definida através da heurística contida no ROUTSEQ, foi novamente possível plotar a rota no site <https://maps.google.com.br> e obter a distância total percorrida entre as cidades agora com uma rota otimizada e respeitando todas as restrições do problema de caixeiro viajante. A rota finalmente otimizada pode ser ilustrada pela figura 9 a seguir:

Figura 9: Rota Otimizada pelo ROUTESEQ contendo a distancia total percorrida



Fonte: Aatoria Grupo (2014)

Como já era de se esperar, na otimização da rota, houve uma redução significativa nas distâncias percorridas. Haja vista que a primeira rota percorria uma distância total de 1033 km e na rota otimizada a distância total percorrida pelo caminhão foi de 729 km, ou seja uma redução de cerca de 29,43% no percurso total. Essa redução de quilometragem, além da distância percorrida reflete nos custos logísticos envolvidos nos transportes das mercadorias, pois quanto maior a distância percorrida maiores serão os gastos associados.

Para ilustrar as melhorias obtidas foram criadas duas tabelas contendo os custos com transporte associados a rotas anteriormente citadas, comparando os resultados em termos monetários. A tabela 1 a seguir mostra a mensuração dos custos logísticos em função da quilometragem percorrida na rota sem a otimização do LOGWARE.



III Simpósio de Engenharia de Produção

GESTÃO DE INFORMAÇÕES COMO APORTE DE COMPETITIVIDADE PARA ORGANIZAÇÕES PRODUTIVAS

Tabela 1: Mensuração dos custos em função da rota percorrida

Dados Operacionais	Unidade	Valor (R\$)
Horas trabalhadas por mês	Horas	260
Tempo de carga e descarga	Horas	5
Velocidade comercial na estrada	Km/h	70
Custo fixo mensal (O)	R\$	3.822,66
Custo variável por quilômetro (AJ / P)	R\$	1,38467
Capacidade de carga (R)	Ton	12
Distância do percurso	Km	1.033
Tempo viagem + carga / descarga (AR / AN + AM)	Horas	19,76
Nº de viagens por mês (AL / AS)	Viagem	13
Quilometragem total mensal (AT x AR)	Km	13.594
Custo fixo mensal por ton / km (AO / AU / AQ)	R\$	0,023433
Custo variável por ton / km (AP / AQ)	R\$	0,115389
Custo total por ton / km (AV + AW)	R\$	0,138822
Custo por tonelada nesta distância (AX x AR)	R\$	143,40
Custo final nesta distância (AY x AQ)	R\$	1.720,84

Fonte: Aatoria Grupo (2014)

A tabela 1 citada anteriormente calculou o valor total da rota em R\$ 1.720,84 valor esse que foi otimizado e atualizado para R\$ 1236,05 de acordo com os cálculos da tabela 2 a seguir.

Tabela 2: Mensuração dos custos em função da rota otimizada

Dados Operacionais	Unidade	Valor (R\$)
Horas trabalhadas por mês	Horas	2
Tempo de carga e descarga	Horas	
Velocidade comercial na estrada	Km/h	
Custo fixo mensal (O)	R\$	3.822,
Custo variável por quilômetro (AJ / P)	R\$	1,384
Capacidade de carga (R)	Ton	
Distância do percurso	Km	72
Tempo viagem + carga / descarga (AR / AN + AM)	Horas	15,
Nº de viagens por mês (AL / AS)	Viagem	
Quilometragem total mensal (AT x AR)	Km	12,2
Custo fixo mensal por ton / km (AO / AU / AQ)	R\$	0,0259
Custo variável por ton / km (AP / AQ)	R\$	0,1153
Custo total por ton / km (AV + AW)	R\$	0,1412
Custo por tonelada nesta distância (AX x AR)	R\$	103,
Custo final nesta distância (AY x AQ)	R\$	1.236,0

Fonte: Aatoria Grupo (2014)

Após a mensuração dos custos logísticos relacionados à distribuição das mercadorias, foi possível comparar as duas rotas e contabilizar uma economia monetária de R\$ 484,79 o que representa uma economia percentual de 28,17 % com relação à rota não utilizada atualmente pela empresa de alumínios.





5. Considerações finais

A resolução dos problemas encontrados nas organizações torna-se mais viável quando as técnicas presentes na engenharia de produção são bem executadas. Assim como a utilização de ferramentas auxiliares como o LOGWARE e ROUTESEQ, que apresentam-se como uma maneira útil e eficiente de delimitar e solucionar problemas.

Como ficou claro neste estudo, a logística pode resolver diversos problemas, um deles é o problema do caixeiro viajante, que vem sendo estudado há décadas para que sua solução seja útil às organizações.

Vale salientar que o problema de caixeiro viajante foi resolvido de maneira computacional e que sua resolução gerou um benefício de ganho de distância percorrida de 29,43% e um ganho monetário de 28,17%.

Após a otimização da rota estudada, foi definida a nova sequência para percorrer as dez cidades contidas na rota. Assim é necessário exaltar a importância das técnicas presentes no estudo da logística, e por fim entender que ao dominar uma técnica como a do problema do caixeiro viajante, torna-se possível otimizar rotas e obter menos custos e despesas no quesito distribuição de mercadorias sendo possível assim aumentar a margem de lucro das organizações.

REFERÊNCIAS

- BALLOU, R. H. LOGWARE: Programas de computador selecionados para planejamento logístico. 1999.
- BREJON, S.C; BELFIORE. P. P. A Importância do enfoque sistêmico para problemas de roteirização de veículos. Net, São Paulo, Jun. 2006. Revista Pesquisa e Desenvolvimento Engenharia de Produção. Disponível em: <http://www.revista-ped.unifei.edu.br/documentos/V04N01/n5_art05.pdf> Acesso em: 27 jun.2014.
- CHRISTOPHER, Martin. Logística e gerenciamento da cadeia de suprimentos: estratégias para a redução de custos e melhoria dos serviços. São Paulo : Pioneira, 1997.
- FARIA, Ana Cristina de. Gestão de custos logísticos / Ana Cristina de Faria, Maria de Fatima Gameiro da Costa. – São Paulo: Atlas, 2005.
- GIL, Antonio Carlos. Como Elaborar Projetos de Pesquisa. 4ª edição. São Paulo: Atlas, 2002.
- GOLDBARG, M. C. PACCA LUNA, H. Otimização Combinatória e Programação Linear. 2.ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2005.
- MOURA, R. A. et al. Atualidade na logística. São Paulo: IMAM, 2004.





III Simpósio de Engenharia de Produção

GESTÃO DE INFORMAÇÕES COMO APORTE DE COMPETITIVIDADE PARA ORGANIZAÇÕES PRODUTIVAS

MURTY, K.G. Linear and combinatorial programming. Robert E. Krieger: Florida, 1985.

NOVAES, Antônio Galvão. Logística e gerenciamento da cadeia de distribuição: estratégia, operação e avaliação. Rio de Janeiro: Campus, 2001.

SELONG, L. M.; KRIPKA, R. M. L. Otimização de roteiros: estudo de caso de uma distribuidora de ferro de Passo Fundo/RS para a região. Revista CIATEC – UPF, v.1 (1), p.p.14-31, 2009.

