INTERFACE TECNOLÓGICA

APLICAÇÃO DO MÉTODO EVOLUCIONÁRIO COMO RESPOSTA PARA QUESTÕES DE OTIMIZAÇÃO EM ROTEIRIZAÇÃO ENTRE ESTABELECIMENTOS DO SETOR DE CONSTRUÇÃO CIVIL PARA O MUNICÍPIO DE BARRETOS (SP)

APPLICATION OF THE EVOLUTIONARY METHOD AS AN ANSWER TO THE QUOTES OF OPTIMIZATION IN ROTARYNGATION BETWEEN ESTABLISHMENTS OF THE CIVIL CONSTRUCTION SECTOR FOR THE MUNICIPALITY OF BARRETOS (SP)

Leandro Cesar Santos – le.ct@bol.com.br
Oswaldo Lázaro Mendes – oswaldo.lazaro@fatecbb.edu.br
Faculdade de Tecnologia de Bebedouro (FATEC) – SP – Brasil
DOI: 10.31510/infa.v15i2.387

RESUMO

O objetivo deste artigo é apresentar a utilização do Método Evolucionário como uma possibilidade de solução em problemas de otimização para a concepção de estratégias e decisões logísticas em roteirização entre estabelecimentos do setor de construção civil para o município de Barretos, no estado de São Paulo. Para realização deste trabalho utilizou-se de pesquisa bibliográfica em livros e em artigos da internet e a resolução do problema proposto se deu por meio da planilha eletrônica Microsoft Excel e da sua ferramenta o Solver utilizando o método Evolucionário. Para tal finalidade, é necessário a definição e conceituação de tal método, assim como uma exemplificação prática de seu funcionamento. As explicações sobre como atua a logística começam a ceder espaço para o aprendizado de técnicas mais avançadas com o avanço do emprego da matemática. Dessa forma, ressalta-se que o uso desse método contribui para o alcance de respostas não previstas pelo responsável, o que permite viabilizar a otimização de resultados, e consequentemente, propiciar a melhor estratégia logística a ser adotada em questão. O trabalho conclui ainda que o método utilizado consegue atingir o objetivo de revelar qual a melhor rota entre os pontos e como consequência diminuir custos e fornecer informação para tomada de decisões.

Palavras-chave: Roteirização. Logística. Método Evolucionário.

ABSTRACT

The objective of this article is to present the use of the Evolutionary Method as a possibility of solution in optimization problems for the design of strategies and logistical decisions in

routing between establishments of the civil construction sector for the municipality of Barretos, in the state of São Paulo. In order to carry out this work, a bibliographical research was used in books and in Internet articles and the resolution of the proposed problem was done through the Microsoft Excel spreadsheet and its Solver tool using the Evolutionary method. For this purpose, it is necessary to define and conceptualize such a method, as well as a practical example of its operation. The explanations about how logistics works begin to give way to the learning of more advanced techniques with the advancement of the use of mathematics. In this way, it is emphasized that the use of this method contributes to the reach of answers not foreseen by the person in charge, which allows for the optimization of results, and consequently, to provide the best logistics strategy to be adopted in question. The work also concludes that the method used can achieve the objective of revealing the best route between the points and as a consequence reduce costs and provide information for decision making

Keywords: Scripting. Logistics. Evolutionary Method.

1 INTRODUÇÃO

Um dos estágios mais relevantes na elucidação de problemas é a otimização, que procura oferecer a melhor escolha dentre todas as prováveis. Muitos métodos de otimização tentam plagiar artificialmente algum processo natural. O elemento causador surgi quando determinado aparato existe e possui êxito na natureza, então existe expectativa para seu sucesso quando colocado em modelos artificiais. O Método Evolucionário se baseia na ideia desenvolvida por Darwin a respeito do processo de evolução e a seleção natural das espécies, e o fundamental é que o método irá ser semelhante na finalidade de reproduzir soluções de forma melhorada (ou evolutiva).

Para encontrar a melhor rota entre os estabelecimentos da construção civil da cidade de Bebedouro - SP será utilizado a planilha eletrônica Excel, juntamente com a sua ferramenta o Solver e o método utilizado será o Evolucionário em contrapartida ao Simplex, pois para problemas de muitos pontos (localidades) a utilização do método Simplex é inviável.

2 A ROTEIRIZAÇÃO E O SEU DESENVOLVIMENTO

Para as primeiras gerações (anos 40), os mecanismos de programação e roteirização de veículos eram realizados pelos chamados "*mainframes*" (computadores de grande porte direcionados para o processamento de uma grande quantidade informações), os quais apresentavam resultados que dificilmente eram conhecidos no mesmo instante, porque

precisavam tanto do tempo de processamento, como de sua preferência na fila de espera para solução.

Em seguida, durante os anos 80, apareceram os métodos auxiliados por computação para a roteirização de veículos, que ao invés de proporcionar ao utilizador uma resposta pronta, auxiliavam-no em analisar diferentes opções ao menor tempo possível, liberando o utilizador a preocupar-se com as variáveis do problema mais difíceis de serem ponderadas, e ainda observar as consequências operacionais e econômicas decorrentes de mudanças manuais.

E por último, nos anos 90, o grande desenvolvimento tecnológico no segmento computacional, relacionada com as grandes pesquisas desenvolvidas na área de pesquisa operacional, foram responsáveis tanto pelo desenvolvimento de melhores soluções ás questões de programação e roteirização de veículos, quanto à maior inclusão destes sistemas aos demais sistemas de negócios da empresa (produção, vendas, etc).

2.1 Caixeiro Viajante

O problema do Caixeiro Viajante é um típico caso de problema de roteirização de veículos. A sua problematização considera um agrupamento de n cidades ou empresas e a distância entre elas, e a questão se resume na definição da rota que perpasse as cidades ou empresas numa única ocasião, regressando à cidade ou empresa de origem, resultando que a distância total percorrida seja a menor possível (SILVA; OLIVEIRA, 2006).

O fundamental para a qualidade dos serviços logístico é oferecer aos clientes os produtos em local e tempo desejados; este então, se torna o desafio de todas as empresas que buscam o aprimoramento em suas distribuições. Na atividade de definição de rotas de veículos é preciso priorizar o melhor caminho para atender ao maior número possível de clientes ao menor custo encontrado (LISBOA, 2007).

2.2 Método Simplex

O Método Simplex, publicado por Dantzig no ano de 1947 foi um marco decisivo para a propagação da Pesquisa Operacional. Este método baseia-se em um algoritmo para a resolução de Problemas de Programação Linear (PPL), sendo este considerado o primeiro procedimento de Pesquisa Operacional. O Método Simplex é um algoritmo que faz uso de um

conjunto de ferramentas baseadas em álgebra linear, para precisar, por um método iterativo, a solúção ótima de um PPL.

Murty (1983) explica que os métodos tradicionais em cálculo ou álgebra linear não eram satisfatórios para a resolução de sistemas de Programação Linear, por isso uma técnica especial, o Método Simplex, foi desenvolvida. Já Goldbarg (2000) argumenta que o algoritmo Simplex esclarece problemas de equações lineares através de uma série de passos, otimizando uma função objetivo (o que mostra que, teoricamente, pode ser usada para a otimização de um número qualquer de variáveis). Entretando, os modelos concebidos são custosos, morosos e suscetíveis ao erro humano. De nada valeria conseguir soluções tão extensas para que seu cálculo ficasse pronto após a produção se encerrar. Por conta isso, o emprego do computador modificou a forma de utilização da Programação Linear, transitando de problemas estratégicos, de longo prazo, para ocorrências operacionais, de curtíssimo prazo.

O Método Simplex, como o próprio nome mostra, está fundamentado em algoritmos muito simples, que podem ser prontamente executados em instrumentos analíticos, conduzindo a otimização da atividade desses aparelhos em um processo automático De outra forma, numa otimização Simplex só podemos prosseguir para a próxima etada após compreeender a resposta da etapa imediatamente anterior, assim, só podemos realizar um experimento por vez (daí a denominação sequencial). Nisto resulta o uso do Simplex em instrumentos de resposta rápida, como por exemplo os sistemas de fluxo. Outras deficiências são observáveis. Primeiro: ele só pode ser utilizado com variáveis quantitativas. Fatores qualitativos não podem ser incluídos. Segundo: pelas mesmas razões, caso haja dificuldade para fiscalizar os fatores experimentais nas circunstâncias apontadas pelo Simplex, o sistema não poderá ser otimizado por essa ferramenta.

2.3 Método Evolucionário e suas vantagens

O Método Evolucionário que é um dos métodos da ferramenta Solver da planilha eletrônica Excel da Microsoft usa uma abordagem totalmente oposta da abordagem padrão do Solver que normalmente utiliza o Método Simplex para averiguar uma solução ideal em um modelo qualquer. Sua explicação é baseada em evolução, sobrevivência do mais apto e genética e utiliza algoritmos genéticos. Essencialmente, Algoritmos Genéticos são métodos de busca e otimização que tem sua inspiração nos conceitos da teoria de seleção natural das espécies proposta por Darwin. (GOLDBERG, 1989)

Ao defrontar com uma questão de programação não linear, o Solver Não Linear inicia com uma única solução (o ponto de partida) e depois se desloca em direções que irão aprimorá-las. Em contrapartida, o Método Evolucionário de resolução do Solver inicia concebendo aleatoriamente um grande agrupamento de soluções candidatas, denominada população. Após conceber a população, o Método Evolucionário constitui uma nova geração da população. A população existente de soluções candidatas forma "casais" que se reproduzirão. Motivados pelos princípios da genética, nesse procedimento a prole combina algumas características de cada pai. Entre a população de soluções de qualquer geração, algumas serão aptas e outras inaptas. A partir dos conceitos de evolução e sobrevivência do mais apto, os indivíduos "aptos" da população terão a anuência para reproduzir com regularidade (gerando vários filhos), enquanto que os membros "inaptos" não. Desta forma, a população evoluirá se tornando cada vez mais apta até o momento em que não se verifique mais qualquer tipo de melhoria nas gerações seguintes. Com isso o algoritmo finaliza e a melhor solução verificada até o momento é apresentada, o que o dá duas vantagens consideráveis em relação ao Solver Não Linear. Ou seja, a complexidade da função objetivo não influencia o Método Evolucionário, e ao analisar populações inteiras de soluções candidatas que não estão obrigatoriamente na mesma vizinhança da melhor solução atual, ele evita ficar aprisionado em um ideal local. Na verdade, pelo fato das mutações possuírem um caráter aleatório, poderá encontrar uma solução ideal para qualquer problema de otimização caso seja executado para sempre, o que é, obviamente, impraticável.

3 ESTUDO DE CASO: ESTABELECIMENTOS DO SETOR DE CONSTRUÇÃO CIVIL PARA O MUNICÍPIO DE BARRETOS (SP)

O feito analisado neste trabalho considera um problema de roteirização, constituída de uma frota homogênea de veículos que atendam 15 estabelecimentos do setor de construção civil para a cidade de Barretos (SP) e que é iniciada a partir da rodovia Brigadeiro Faria Lima. Os veículos entram na cidade por meio dessa rodovia, percorrem uma rota ótima entre esses estabelecimentos, conseguida por meio de um PCV (Problema do Caixeiro Viajante), realizam suas atividades em cada cliente e deixam a cidade de Barretos (SP), voltando pela mesma rodovia, quando todas as atividades forem realizadas ou quando o tempo máximo de jornada de trabalho terminar.

Neste estudo de caso será utilizado o Método Evolucionário para encontrar a melhor rota para o PCV com 16 pontos (1 entrada e 15 estabelecimentos do setor de construção civil da cidade de Barretos-SP, pois o método Evolucionário trabalha com poucas restrições neste caso, ou seja, (N pontos - 1) totalizando 15 restrições. Para os mesmos 16 pontos do PCV utilizando o Método Simplex seria inviável, pois teriam que ser feitas 78420 restrições.

Como cada estabelecimento tem de ser visitado uma vez, a única restrição essencial neste modelo é que para essa hipótese todas as células variáveis devam ser números inteiros exclusivos de 1 a 15. Para fins didáticos a respeito do Método Evolucionário, será elucidado esse assunto ao considerar duas situações: na primeira, que as distâncias entre os estabelecimentos possuam valores iguais tanto na ida, quanto na volta de acordo com a Tabela 1, e que, na segunda situação, se admita as distâncias reais entre os estabelecimentos, novamente como sendo tanto na ida, quanto na volta conforme a Tabela 2.

Tabela 1 - Distâncias entre 15 estabelecimentos do setor de construção civil em Barretos e a entrada pela rodovia Brigadeiro Faria Lima (considerando possuir os mesmos valores)

Cidade de Barretos (Distâncias)																	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Constru América	1		3,4	5,1	5,5	2,5	8,3	4,8	5,6	3,5	2	6,2	2,3	2,4	3,1	2,5	1,4
Trevão da Construção	2	3,4		3,8	4,4	3,3	7	2,2	1,4	1,9	2,4	4,9	6,9	5	1,9	1,4	2,2
Constru Ribeiro	3	5,1	3,8		1,2	2,5	3,8	2	1,7	1,7	2,8	1,6	3,7	6,1	1,8	2,5	5,8
Riomar Materiais de Construção	4	5,5	4,4	1,2		3,6	2,6	2,9	2,6	3	3,9	0,6	2	7,7	3	3,6	6,6
Madeireira Padroeira	5	2,5	3,3	2,5	3,6		5,6	3,7	3,5	3,4	1,1	3,5	5,5	4	2,2	0,8	2,8
Alamo C. Equip.	6	8,3	7	3,8	2,6	5,6		6	5,8	3,5	7,5	0,8	2	8,4	4	4,7	9,5
Comap	7	4,8	2,2	2	2,9	3,7	6		0,55	0,85	3,1	3,7	5,4	5,4	1,8	3,2	3,3
Lojão da Construção	8	5,6	1,4	1,7	2,6	3,5	5,8	0,6		0,35	2,6	3,1	5,1	5,2	1,2	2,7	3,6
A Construtora	9	3,5	1,9	1,7	3	3,4	3,5	0,9	0,35		2,2	3,5	5,7	4,5	0,85	2,3	3,6
Fortaleza	10	2	2,4	2,8	3,9	1,1	7,5	3,1	2,6	2,2		4	6	3,8	1,1	0,5	2,6
Construtora Itajaí	11	6,2	4,9	1,6	0,6	3,5	0,8	3,7	3,1	3,5	4		2,3	7,8	3,5	4,2	6,7
CJL Construtora	12	2,3	6,9	3,7	2	5,5	2	5,4	5,1	5,7	6	2,3		9,6	5,3	6	8,4
MRX Construtora e Engenharia	13	2,4	5	6,1	7,7	4	8,4	5,4	5,2	4,5	3,8	7,8	9,6		4,5	3,8	4,2
Martines Oliveira Construtora	14	3,1	1,9	1,8	3	2,2	4	1,8	1,2	0,85	1,1	3,5	5,3	4,5		1,9	3,2
HM Engenharia e Construções	15	2,5	1,4	2,5	3,6	0,8	4,7	3,2	2,7	2,3	0,5	4,2	6	3,8	1,9		2,9
Entrada - Rod. Brigadeiro Faria Lima K	16	1,4	2,2	5,8	6,6	2,8	9,5	3,3	3,6	3,6	2,6	6,7	8,4	4,2	3,2	2,9	
	16	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	Soma Preliminar
		1,4	3,4	3,8	1,2	3,6	5,6	6	0,55	0,35	2,2	4	2,3	9,6	4,5	1,9	50,4
	16	2	15	10	5	14	9	8	7	3	4	11	6	12	1	13	Rota Mais Curta
		2,2	1,4	0,5	1,1	2,2	0,85	0,4	0,55	2	1,2	0,6	0,8	2	2,3	2,4	20,45

Fonte: Elaborada pelos Autores (2018)

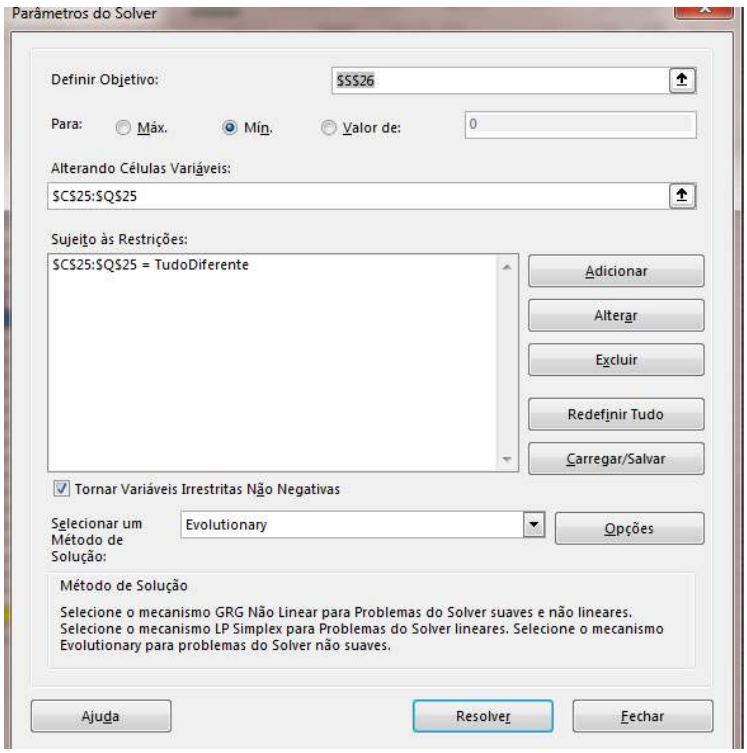
Tabela 2 - Distâncias entre 15 estabelecimentos do setor de construção civil em Barretos e a entrada pela rodovia Brigadeiro Faria Lima (considerando possuir valores reais)

Cidade de Barretos (Distâncias)																	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Constru América	1		3,4	5,1	5,5	2,5	8,3	4,8	5,6	3,5	2	6,2	2,3	2,4	3,1	2,5	1,4
Trevão da Construção	2	2,6		3,8	4,4	3,3	7	2,2	1,4	1,9	2,4	4,9	6,9	5	1,9	1,4	2,2
Constru Ribeiro	3	4,7	2,8		1,2	2,5	3,8	2	1,7	1,7	2,8	1,6	3,7	6,1	1,8	2,5	5,8
Riomar Materiais de Construção	4	5,9	4,1	1,2		3,6	2,6	2,9	2,6	3	3,9	0,6	2	7,7	3	3,6	6,6
Madeireira Padroeira	5	2,5	3,9	2,7	3		5,6	3,7	3,5	3,4	1,1	3,5	5,5	4	2,2	0,8	2,8
Alamo C. Equip.	6	9,4	7,4	4,4	3,8	7,2		6	5,8	3,5	7,5	0,8	2	8,4	4	4,7	9,5
Comap	7	3,8	1,2	2,1	3,2	3,6	5,3		0,55	0,85	3,1	3,7	5,4	5,4	1,8	3,2	3,3
Lojão da Construção	8	3,7	1,4	1,5	2,6	3	5,1	0,7		0,35	2,6	3,1	5,1	5,2	1,2	2,7	3,6
A Construtora	9	3,1	1,4	2	3	2,7	5,5	0,7	0,75		2,2	3,5	5,7	4,5	0,85	2,3	3,6
Fortaleza	10	2,1	2,8	3	3,5	0,5	6,1	2,8	2,6	2,6		4	6	3,8	1,1	0,5	2,6
Construtora Itajaí	11	6,4	4,5	1,6	0,6	4,2	0,8	3,3	3,1	3,4	4,4		2,3	7,8	3,5	4,2	6,7
CJL Construtora	12	1,8	6	3,2	2,6	6	1,4	4,8	4,5	4,9	6,3	2,3		9,6	5,3	6	8,4
MRX Construtora e Engenharia	13	2,7	5,4	6,4	6,8	3,6	7,7	5,6	5,2	4,7	3,1	7,3	9,6		4,5	3,8	4,2
Martines Oliveira Construtora	14	2,7	2	2,4	2,9	2,2	3,9	1,5	1,2	1,2	1,4	3,4	5,5	4,1		1,9	3,2
HM Engenharia e Construções	15	2,4	1	2,6	3	0,8	3,9	2,7	2,5	2,5	0,7	3,5	5,5	4	1,4		2,9
Entrada - Rod. Brigadeiro Faria Lima K	16	1,4	2,2	4,9	5,8	2,8	8,4	3,6	4,3	3,5	2,3	6,3	8,8	3,7	3,4	2,8	
	16	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	Soma Preliminar
		1,4	3,4	3,8	1,2	3,6	5,6	6	0,55	0,35	2,2	4	2,3	9,6	4,5	1,9	50,4
	16	1	12	6	11	4	3	14	8	9	7	2	15	10	5	13	Rota Mais Curta
		1,4	2,3	1,4	0,8	0,6	1,2	1,8	1,2	0,35	0,7	1,2	1,4	0,7	0,5	4	19,55

Fonte: Elaborada pelos Autores (2018)

A Figura 1 exibe a Caixa de Diálogo do Solver utilizada para completar o modelo de planilha mostrado pelos Tabelas 1 e 2. Escolher a opção “Evolutionary” no menu exibido caracteriza que o Método Evolucionário será empregado para solucionar o problema.

Figura 1- Caixa de Diálogo do Solver

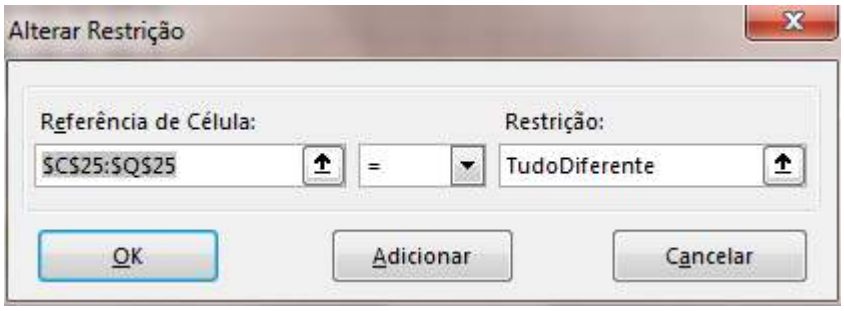


Fonte: Elaborada pelos Autores (2018)

INTERFACE TECNOLÓGICA

O Solver incluso a partir da versão Excel 2010 oferece um novo tipo de restrição, denominada *TudoDiferente,* que realiza tudo o que é preciso. Quando n células variáveis estão procurando número inteiros de 1 a n, delimitar essas células variáveis a serem *TudoDiferente* as impulsiona a serem números inteiros restritos de 1 a n e diferentes do que está sendo comparado. Para realizar tal restrição, basta pressionar o botão "Adicionar" do solver para expandir a caixa de diálogo "Adicionar Restrição". Escolha a células variáveis (rota) do lado esquerdo da caixa de diálogo e selecione *dif* no menu suspenso no centro da caixa de diálogo, como exposto na Figura 2.

Figura 2- Caixa de diálogo mostrando as restrições



Fonte: Elaborada pelos Autores (2018)

O modelo decorrente não é linear por causa da função ÍNDICE (utilizada para determinar as distâncias) e a restrição *TudoDiferente*. Todavia, o Método Evolucionário pode ser aplicado para procurar e encontrar uma boa rota. Após a resolução com o uso deste método, a resposta conseqüente é visualizada em C15:G15 nas Tabelas 3 e 4**.** Esta rota apresenta uma melhora significativa quando se comparada tanto na Tabela 3 de 50,4 Km para 20,45 Km de redução no percurso, quanto na Tabela 4 de 50,4 Km para 19,55 Km de redução no percurso entre a entrada e os 15 estabelecimentos do setor de construção civil para o município de Barretos (SP).

Tabela 3 -Somatória da rota mais curta quando se considera os mesmos valores para as distâncias entre os estabelecimentos do setor de construção civil para o município de Barretos

16	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	Soma Preliminar
	1,4	3,4	3,8	1,2	3,6	5,6	6	0,55	0,35	2,2	4	2,3	9,6	4,5	1,9	50,4
16	2	15	10	5	14	9	8	7	3	4	11	6	12	1	13	Rota mais Curta
	2,2	1,4	0,5	1,1	2,2	0,85	0,35	0,55	2	1,2	0,6	0,8	2	2,3	2,4	20,45

Fonte: Elaborada pelos Autores (2018)

Tabela 4 -Somatória da rota mais curta quando se considera os valores reais para as distâncias entre os estabelecimentos do setor de construção civil para o município de Barretos

16	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	Soma
	1,4	3,4	3,8	1,2	3,6	5,6	6	0,55	0,35	2,2	4	2,3	9,6	4,5	1,9	50,4
16	1	12	6	11	4	3	14	8	9	7	2	15	10	5	13	Rota mais Curta
	1,4	2,3	1,4	0,8	0,6	1,2	1,8	1,2	0,35	0,7	1,2	1,4	0,7	0,5	4	19,55

Fonte: Elaborada pelos Autores (2018)

O Método Evolucionário não é um aperfeiçoamento de mesmo significado que são as outras formas de resolução do Solver. Ele não se desloca continuamente sentido as melhores soluções, até atingir um ideal local. De maneira contrária, ele é mais similar a um procedimento de busca inteligente, experimentando diferentes soluções aleatórias, ou seja, é provável que termine com uma solução que é muito próxima da ideal. Dessa forma, ele quase nunca retorna à solução ideal exata em grande parte dos tipos de problemas de programação não linear. Ao realizá-lo no mesmo modelo, tende a resultar numa solução final distinta.

4 RESULTADOS

Ao se comparar duas hipóteses para a definição do melhor trajeto na roteirização entre os 15 estabelecimentos do setor de construção civil para o município de Barretos, na primeira possuindo as mesmas distâncias entre os estabelecimentos, e na segunda já considerando os

valores reais das distâncias entre os mesmos, notou-se ganhos consideráveis em torno de 60% em ambos os casos. Inicialmente na análise auferida pelo Método Evolucionário via Solver, considerou-se que ambas as hipóteses iriam atender toda a demanda da maneira mais econômica possível. De acordo com os resultados analisados, verificou-se uma grande redução na somatória da menor rota encontrada ao se considerar as distâncias reais entre os estabelecimentos, o que se intui uma redução de 61,21% na quilometragem percorrida (50,4 Km para 19,55 Km), assim como um menor valor de custo para o frete cobrado e a redução de tempo de espera por parte dos clientes, o que influencia na satisfação com o serviço prestado.

O exemplo prático corrobora a premissa de que a demonstração da aplicabilidade de ferramentas analíticas, no caso como sendo o uso do Método Evolucionário direcionado para a logística, colaboram e auxiliam para que as empresas preservem sua competitividade na procura por opções econômicas essenciais para sua continuidade operacional.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O propósito deste artigo em elucidar e averiguar a utilidade do Método Evolucionário via ferramenta Solver do Microsoft Excel em um exemplo prático para os estabelecimentos do setor de construção civil para o município de Barretos (SP) foi alcançado. Procurar por resultados que respondam integralmente e simultaneamente a todos os aspectos que conduzem um projeto é um problema de difícil elucidação. Por conta disso, o uso do Método Evolucionário colabora para a procura das melhores soluções por meio da exploração de uma extensa área de resultados. É fundamental que a coleta e a compreensão dos dados sejam realizadas de maneira detalhada e precisa, para que o resultado conseguido possa estar incluído no que pode ser colocado em prática, como no exemplo proposto para esse presente artigo. Dessa forma, após obter os resultados considerados, verificou-se que o emprego do Método Evolucionário via ferramenta Solver da planilha Excel reduz significativamente todos os custos associados a melhor roteirização proposta entre os estabelecimentos do setor de construção civil para o município de Barretos (SP), obtendo assim melhores ganhos para o responsável por tal ação.

REFERÊNCIAS

GOLDBARG, M. C. **Otimização combinatória e programação linear:** modelos e algoritmos. Rio de Janeiro: Campus, 2000.

GOLDBERG, D.: Genetic Algorithms in Search, Optimization and Machine Learning, Addison-Wesley, 1989.

LISBOA, F. S. **GRASP para o problema de roteamento de veículos com multi-comportamentos e restrição de janela de tempo**. 2007. 97f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Centro de Ciências e Tecnologia da Universidade Estadual do Norte Fluminense, Campos dos Goytacazes – RJ, 2007. Disponível em: <http://livros01.livrosgratis.com.br/cp034109. .pdf>. Acesso em: 05 abr. 2018.

MURTY, K. G. **Linear programing**. Stanford: John Wiley& Sons, 1983.

SILVA, A. F. e OLIVEIRA, A. C. **Algoritmos genéticos**: **alguns experimentos com os operadores de cruzamento ("Crossover") para o problema do caixeiro viajante assimétrico.** XXVI ENEGEP – Fortaleza – CE, 2006. Disponível em: <http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2006_tr460314_7093.pdf>. Acesso em 12 de maio de 2018.