

O problema de designação de locais de armazenagem: aplicação em uma empresa do setor de agronegócio¹

The storage location assignment problem: application in an agribusiness company

Helton C. Gomes² – Universidade Federal de Ouro Preto – Dep. de Engenharia de Produção
Letícia M. da Silva³ – Universidade Federal de Viçosa (Campus Rio Paranaíba) – Instituto de Ciências Exatas e Tecnológicas – Dep. de Engenharia de Produção
Amanda G. Sousa⁴ – Universidade Federal de Viçosa (Campus Rio Paranaíba) – Instituto de Ciências Exatas e Tecnológicas – Dep. de Engenharia de Produção
Maria Gabriela M. Peixoto⁵ – Universidade Federal de Viçosa (Campus Rio Paranaíba) – Instituto de Ciências Exatas e Tecnológicas – Dep. de Engenharia de Produção

RESUMO O presente trabalho tem por objetivo propor um esquema eficiente de armazenagem para uma empresa do setor de agronegócio. A empresa estudada localiza-se na região do Alto Paranaíba-MG e, atua no ramo de exportação de grãos de café. Um sistema de armazenagem eficiente pode proporcionar uma melhoria na ocupação do espaço e na utilização dos recursos operacionais e do tempo do pessoal, além de facilitar no processo de separação de pedidos. Para isso, o problema foi modelado matematicamente como um problema de designação de locais de armazenagem (*Storage Location Assignment Problem* – SLAP), buscando a minimização dos custos de manuseio e a maximização da utilização do espaço e da eficiência do armazenamento. O modelo utilizado, com os dados coletados na empresa, foi resolvido utilizando o solver *CPLEX* versão 12.1. O novo cenário de armazenagem proposto pela resolução do modelo foi comparado com o cenário atual da empresa e, diversas vantagens foram observadas.

Palavras-chave Agronegócio. Sistemas de armazenagem. Programação linear inteira. Problema de designação de locais de armazenagem.

ABSTRACT *The goal of this work is propose an efficient storage scheme for a company in the agribusiness sector. The company studied herein is located in the Alto Paranaíba region of Minas Gerais, and exports coffee beans. Efficient storage can provide improvements in the use of space, operational resources, and staff time, as well as facilitating the order picking process. To accomplish this, the problem was mathematically modeled as a Storage Location Assignment Problem (SLAP), aimed at minimizing handling costs and maximizing space utilization and storage efficiency. The mathematical model using the company data was solved using the CPLEX solver, version 12.1. The results obtained were compared with the actual company scenario, and several advantages were observed.*

Keywords *Agribusiness. Storage systems. Integer linear programming. Storage location assignment problem.*

1. Artigo premiado no XXI SIMPEP e avaliado na modalidade *fast track* pela Revista GEPROS.
2. Campus Universitário Morro do Cruzeiro, s/nº, CEP: 35400-000, Ouro Preto/MG, helton.gomes@gmail.com
3. leticia.m.monteiro@ufv.br
4. amanda_gsousa@yahoo.com.br
5. mgabriela@ufv.br

GOMES, H. C.; SILVA, L. M.; SOUSA, A. G.; PEIXOTO, M. G. M. O problema de designação de locais de armazenagem: aplicação em uma empresa do setor de agronegócio. **GEPROS. Gestão da Produção, Operações e Sistemas**, Bauru, Ano 10, nº 3, jul-set/2015, p. 127-138.

DOI: 10.15675/gepros.v10i3.1284

1. INTRODUÇÃO

O planejamento de sistemas de armazenagem é uma atividade complexa e que muitas vezes constitui problemas intratáveis. O número de decisões que devem ser tomadas na operação de armazéns torna necessária a utilização de ferramentas que auxiliem na tomada dessas decisões. Com base nesse contexto, o presente trabalho visa desenvolver uma metodologia para auxiliar o processo de armazenagem de grãos em uma empresa do setor de agronegócio nacional. A empresa estudada situa-se na região do Alto Paranaíba - MG e tem seu foco na armazenagem e exportação de grãos de café. A empresa será referenciada, daqui para frente, como empresa X.

A escolha da empresa X deu-se pelo fato de a mesma não possuir um critério para a alocação dos tipos de café nos locais de armazenagem disponíveis, o que gera uma movimentação desnecessária de alguns tipos, além da dificuldade de se identificar onde encontra-se armazenado cada tipo.

Segundo Braga *et al.* (2009), no âmbito da logística, a armazenagem é um processo de alto custo, porém se constitui em um processo importante para o atendimento aos requisitos do cliente. A armazenagem contempla as funções de receber, estocar e expedir os produtos, isto é, tem a responsabilidade de manusear e manter a qualidade do produto desde a sua chegada ao armazém até o atendimento integral do pedido, com o menor custo. Ainda de acordo com os autores, para o armazém operar de forma eficiente, seu espaço e instalações devem ser corretamente planejadas, permitindo a movimentação ágil de suprimentos desde o recebimento até a expedição.

Segundo Banzato *et al.* (2003), é por meio de um sistema de armazenagem eficiente que se pode ganhar proveito na ocupação do espaço e na utilização dos recursos operacionais e do tempo do pessoal, além de facilitar no processo de separação de pedidos. Inúmeras ferramentas podem auxiliar os gestores na definição de um sistema de armazenagem eficiente, dentre elas destaca-se a otimização.

Diversos problemas de otimização relacionados à logística podem ser encontrados na literatura, nos quais ressalta-se aqui o problema de designação de locais de armazenagem (*Storage Location Assignment Problem - SLAP*).

Segundo Gu *et al.* (2007), o SLAP consiste em alocar produtos em diferentes locais de armazenagem, visando a minimização dos custos de manuseio e a maximização da utilização do espaço disponível. Nesse trabalho, o SLAP foi modelado como um problema de programação linear inteira.

Para a utilização do modelo, foram realizadas visitas à empresa X, nas quais foram coletados os dados a serem usados. A solução obtida auxiliará os gestores na tomada decisão referente à melhor disposição dos tipos de café a serem armazenados pela empresa em seus locais disponíveis. O cenário proposto pela resolução do modelo foi comparado com o cenário atual da empresa, apresentando diversas vantagens.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. Caracterização da produção de café no Brasil

A produção de grãos no Brasil vem crescendo a cada ano e, conseqüentemente, a capacidade de armazenagem do país deverá atender a este aumento com a qualidade que o mercado exige. De acordo com o CONAB (2014), a produção estimada do Brasil na safra de 2013/2014 foi de 191,25 milhões de toneladas, 1,4% superior à obtida na safra 2012/13, quando atingiu 188,66 milhões de toneladas. Ainda segundo o CONAB (2014), o Brasil deverá colher 44,57 milhões de sacas de 60 quilos de café em 2014.

De acordo com o IBGE (2013), no segundo semestre de 2013 a rede armazenadora de produtos agrícolas contava com 9.185 estabelecimentos ativos. As unidades armazenadoras do tipo armazéns graneleiros e granelizados totalizaram 58.143.717 toneladas de capacidade útil. O café em grão está entre um dos maiores estoques registrados em 31 de dezembro de 2013, totalizando 1.439.789 toneladas.

Devido ao fato de ser perecível, a armazenagem tem um papel fundamental na manutenção da qualidade do café. Sendo assim, as empresas passaram a ver os sistemas logísticos mais do que apenas um meio de se diminuir custos no transporte e na armazenagem de produtos, mas sim como uma grande aliada para se destacarem no mercado (SANTOS, 2009). Segundo Fleury e Ribeiro (2001), a logística passou a ser uma grande aliada da gestão organizacional, garantindo um melhor serviço e agilidade no gerenciamento desde a coleta até a entrega dos produtos.

De acordo com Silva (2003), após a colheita, a safra de grãos precisa ser enviada a um destino, que normalmente é um local de armazenamento. Segundo Fonseca (2006), o armazenamento de grãos pode ser feito a granel, em silos ou em sacarias (*big bags*). Para Amaral (2007), o processo de armazenagem torna-se importante, uma vez que contribuem para manter a qualidade dos grãos e, também, para o aumento da velocidade do fluxo de produtos pelo canal logístico e reduzindo perdas na pós-colheita dos produtos agrícolas.

Dentro da cadeia produtiva do café, o armazenamento se torna uma prática obrigatória, pois as fases de pós-colheita, secagem e limpeza requerem, obrigatoriamente, o armazenamento do produto (BORÉM *et al.*, 2008).

2.2. Sistemas de armazenagem

Para Moura (2005), a armazenagem é uma função da logística que inclui todas as atividades que envolvem a guarda temporária, o tratamento dos materiais voltados para a movimentação e a preparação das mercadorias para distribuição.

Santos (2005) diz que a armazenagem necessita de um planejamento específico, uma vez que a armazenagem incorreta pode gerar perdas de materiais e afetar a produtividade, devido à dificuldade de acesso, controle de estoque, etc. O autor acrescenta que a armazenagem é uma operação que não agrega valor ao produto, mas aumenta o seu custo. Portanto, a fim de obter uma redução nos custos de armazenagem é necessário um sistema eficiente. Segundo Ballou (1993), um sistema de armazenagem eficiente poderá proporcionar uma considerável redução dos custos gerados pela manufatura do produto, bem como, o aumento da qualidade dos produtos e suas partes constituintes.

Conforme Camparotti e Rotta (2013), ao se projetar um armazém de maneira eficiente, os itens que recebem os mesmos processos e o mesmo controle devem ser estocados em locais semelhantes, assim como os itens de maior giro devem ser alocados mais próximos dos pontos de carga/descarga, para que estes tenham melhor acesso. Ou seja, os produtos devem ser alocados aos locais de armazenagem baseado em suas características.

Para se definir um sistema de armazenagem eficiente é necessária a utilização de ferramentas para auxiliar a tomada de decisões. Para auxiliar na definição de um sistema de armazenagem eficiente para a empresa X, foi proposta neste trabalho a utilização de um modelo matemático para o SLAP, conforme descrito a seguir.

3. O PROBLEMA DE DESIGNAÇÃO DE LOCAIS DE ARMAZENAGEM – SLAP (STORAGE LOCATION ASSIGNMENT PROBLEM)

O SLAP consiste em alocar produtos em diferentes locais de armazenagem, visando a minimização dos custos de manuseio e a maximização da utilização do espaço disponível.

Segundo Battista *et al.* (2011), o princípio básico do SLAP é que os produtos de alta demanda devem ser armazenados em locais mais próximos das portas de entrada/saída de modo a reduzir o tempo total para as operações de movimentação. Para os autores, a aplicação eficiente do SLAP pode proporcionar a redução dos custos de armazenagem de produtos e a movimentação de veículos e pessoal.

De acordo com Gu *et al.* (2007), o SLAP considera dois critérios: a eficiência do armazenamento, que se traduz na capacidade do armazém, e a eficiência do acesso, que corresponde aos recursos utilizados no armazenamento e no *picking* (separação e preparação de pedidos) das encomendas. Os autores destacam a necessidade de algumas informações e critérios para utilização do SLAP na de definição de um sistema de armazenagem:

- Informações sobre a área de armazenamento como, por exemplo, o dimensionamento e a disposição dos locais de armazenagem;
- Informações sobre os locais de armazenagem contendo disponibilidade, características físicas e localização;
- Informações sobre o conjunto de itens a serem armazenados, incluindo as suas dimensões físicas, demanda, quantidade armazenada, previsões de movimentação;
- Capacidade de armazenamento.

Para determinar um sistema de armazenagem eficiente para a empresa X, foi proposta a utilização de um modelo matemático para a representação do SLAP. Tal modelo consiste em um modelo de programação linear inteira e é descrito na seção a seguir.

3.1. Modelo matemático

Para a aplicação do SLAP, foi utilizado nesse trabalho o modelo matemático proposto por Campos (2009) e adaptado para o caso da empresa X. Tal modelo é descrito a seguir.

A – Parâmetros do modelo

$I = \{1, 2, \dots, m\}$: conjunto de tipos de café;

$J = \{1, 2, \dots, n\}$: conjunto de locais de armazenagem.

A.1 – Dados relacionados aos produtos

- h_i : indicador de movimentação do café do tipo i (%);
- $h_i = \frac{\Sigma \text{ toneladas movimentadas do café do tipo } i}{\Sigma \text{ toneladas movimentadas de todos os tipos de café}} \times 100$
- t_i : taxa de ocupação do café do tipo i ;
- v_i^1 : quantidade armazenada do café do tipo i ;
- v_i^2 : quantidade a ser armazenada do café do tipo i ;
- $V_i = v_i^1 + v_i^2$: quantidade total do café do tipo i .

A.2 – Dados relacionados aos locais de armazenagem

- d_j : distância do local j ao ponto de carga/descarga (m);
- S_j : dimensão do local j (m^3);
- p_j : percentual máximo desejado de preenchimento para o local j ;
- a_j : penalidade que deve ser associada ao local j quando ocorre uma extrapolação de seu percentual máximo desejado de preenchimento.

A.3 – Dados associados à alocação de cafés aos locais de armazenagem

- A : conjunto de pares ordenados (i, j) tais que, se $(i, j) \in A$, o café do tipo i pode ser alocado no local j ;
- E : conjunto de pares ordenados (i, j) tais que, se $(i, j) \in E$, o café do tipo i já encontra-se alocado no local j ;
- $K_{ij} = t_i \times S_j$: capacidade de armazenagem do café do tipo i no local j ;
- c_{ij} , $\forall (i, j) \in A$: custo fixo do local j decorrente da possibilidade de deslocação do café do tipo i deste local. Neste trabalho, adotou-se $c_{ij} = d_j$.

B – Variáveis de decisão

- $y_{ij} \in \{0, 1\}$, $\forall (i, j) \in A$ tal que:
- $y_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{se o café do tipo } i \text{ for alocado no local } j \\ 0, & \text{caso contrário} \end{cases}$
- x_{ij} , $\forall (i, j) \in A$: quantidade de café do tipo i a ser alocado no local j ;
- e_{ij} , $\forall (i, j) \in A$: excesso para o preenchimento do local j com o café do tipo i .

C – Modelo

$$\text{Minimizar } z = \sum_{(i,j) \in A} d_j h_i x_{ij} - \sum_{(i,j) \in A} c_{ij} y_{ij} + \sum_{(i,j) \in A} \alpha_j e_{ij} + \sum_{(i,j) \in E} c_{ij} \quad (1)$$

Sujeito a

$$\sum_{j \in J} x_{ij} = V_i \quad \forall i \in I \quad (2)$$

$$x_{ij} \leq p_i K_{ij} y_{ij} + e_{ij} \quad \forall (i,j) \in A \quad (3)$$

$$e_{ij} \leq (1 - p_j) K_{ij} y_{ij} \quad \forall (i,j) \in A \quad (4)$$

$$\sum_{i \in I} y_{ij} \leq 1 \quad \forall j \in J \quad (5)$$

$$y_{ij} \in \{0,1\} \quad \forall (i,j) \in A \quad (6)$$

$$x_{ij} \geq 0 \quad \forall (i,j) \in A \quad (7)$$

$$y_{ij} \geq 0 \quad \forall (i,j) \in A \quad (8)$$

A função objetivo (1) busca minimizar a soma total dos pesos associados à designação dos tipos de café aos locais de armazenagem da seguinte maneira: a parcela $\sum_{(i,j) \in A} d_j h_i x_{ij}$, para atender o critério de minimização, associa aos locais mais próximos do ponto de carga/descarga os tipos de café que possuem a maior demanda. Por outro lado, associa os tipos de café com menor movimentação aos locais mais afastados; a segunda parcela, $\sum_{(i,j) \in A} c_{ij} y_{ij}$, juntamente com a última parcela, $\sum_{(i,j) \in E} c_{ij}$, relaciona-se com os custos fixo de desalojar um tipo de café de um determinado local. Se um determinado tipo de café for designado a um local, não se paga o custo de desalocação c_{ij} (o c_{ij} da última parcela é anulado pelo c_{ij} embutido na segunda parcela). Mas se um tipo de café não for alocado a um local, paga-se o custo de desalocação da quantidade remanescente deste tipo de café presente neste local, para que seja armazenado em outro; por fim, a terceira parcela, $\sum_{(i,j) \in A} \alpha_j e_{ij}$, associa-se à penalização decorrente do excesso de preenchimento dos locais. Estipulando um valor alto para a penalidade α , a variável, e_{ij} tenderá a se anular.

As restrições (2) garantem que as quantidades totais dos tipos de café a serem armazenadas sejam satisfeitas. O conjunto de restrições apresentado em (3) e (4) garante que a alocação do café do tipo i em um local j deve respeitar a capacidade máxima permitida para este local. Cada local deve armazenar no máximo um tipo de café, isso é garantido pela restrição (5). As restrições (6), (7) e (8) representam o domínio das variáveis.

Na seção a seguir é descrita a solução do modelo apresentado, utilizando os dados coletados na empresa X. É apresentada, também, uma análise da solução obtida.

4. RESULTADOS E ANÁLISES

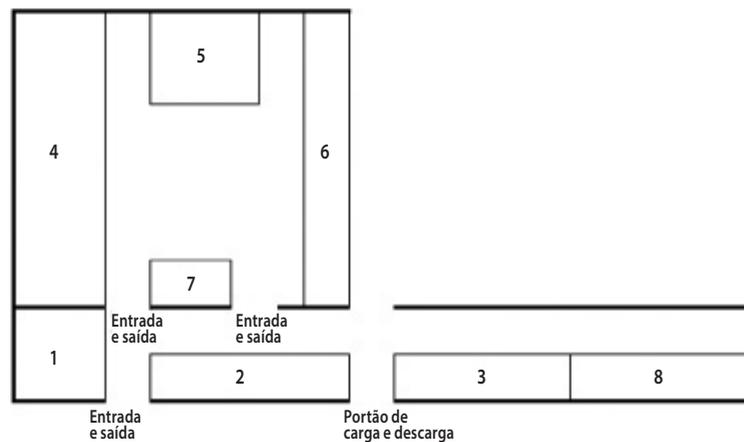
O modelo utilizado neste estudo foi implementado computacionalmente utilizando o solver *CPLEX* versão 12.1, e executado em um computador INTEL Core i7 2.20GHz e 8GB de RAM, sob sistema operacional *Windows 8.1 Single Language* 64 Bits.

Nas seções a seguir são apresentados o cenário atual da empresa X, ou seja, as características e como se encontram armazenados os tipos de café já disponíveis, e o cenário proposto pela solução do modelo.

4.1. Cenário atual da empresa X

A empresa X dispõe de oito locais de armazenagem (nomeados de 1 a 8), nos quais armazenam oito tipos diferentes de café (nomeados de 1 a 8). Os tipos de café são acondicionados em *big bags* de aproximadamente $1,94 \text{ m}^3$ e com capacidade de armazenagem de 1,90 toneladas de café, isto é, a taxa de ocupação dos tipos de café é de aproximadamente $0,98 \text{ toneladas/m}^3$. As dimensões dos oito locais de armazenagem são: 1200, 1320, 2400, 1440, 1800, 1920, 480 e 2400 m^3 , respectivamente. Visando o empilhamento de no máximo dois *big bags*, apenas 34% (percentual máximo desejado de preenchimento) da capacidade total dos locais de armazenagem serão utilizados. Todos os tipos de café podem ser armazenados em qualquer um dos oito locais. A Figura 1 descreve como os oito locais de armazenagem estão dispostos no armazém da empresa.

Figura 1 – Arranjo físico com os locais de armazenagem da empresa X.

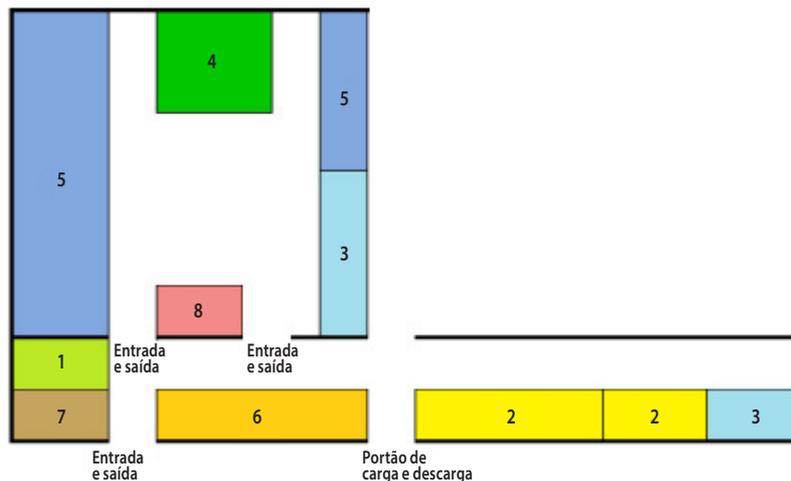


Fonte: Elaborado pelos autores (2014).

Conforme descrito na Figura 1, as distâncias dos locais de armazenagem até o ponto de carga/descarga são: 60, 22, 20, 77, 77, 44,5, 26,5 e 40 metros, respectivamente.

Ao chegarem, em caminhões vindos de produtores da região, os tipos de café são recebidos e levados para serem acondicionados no armazém da empresa. A empresa X não utiliza nenhum critério específico para determinar em qual local será armazenado cada tipo de café. Atualmente, encontram-se armazenadas na empresa as seguintes quantidades de cada tipo de café: tipo 1 – 150 toneladas; tipo 2 – 900 toneladas; tipo 3 – 600 toneladas; tipo 4 – 300 toneladas; tipo 5 – 450 toneladas; tipo 6 – 300 toneladas; tipo 7 – 150 toneladas; tipo 8 – 150 toneladas. A Figura 2 apresenta como os tipos de café se encontram armazenados nos oito locais disponíveis.

Figura 2 – Disposição atual dos tipos de café nos locais de armazenagem.



Fonte: Próprios autores (2014).

Como pode ser visto na Figura 2, o café do tipo 1 encontra-se armazenado no local 1, o do tipo 2 nos locais 3 e 8, o do tipo 3 nos locais 6 e 8, o do tipo 4 no local 5, o do tipo 5 nos locais 4 e 6, o do tipo 6 no local 2, o do tipo 7 no local 1 e o do tipo 8 no local 7. Ao designar os tipos de café aos locais, a empresa X não levou em consideração o fluxo e a movimentação deles dentro do armazém.

Os tipos de café apresentam as seguintes taxas de movimentação: tipo 1 – 5%; tipo 2 – 30%; tipo 3 – 20%; tipo 4 – 10%; tipo 5 – 15%; tipo 6 – 10%; tipo 7 – 5%; tipo 8 – 5%. Isto significa que, do total de café movimentado dentro do armazém, 5% é do café tipo 1, 30% do café tipo 2, e assim por diante.

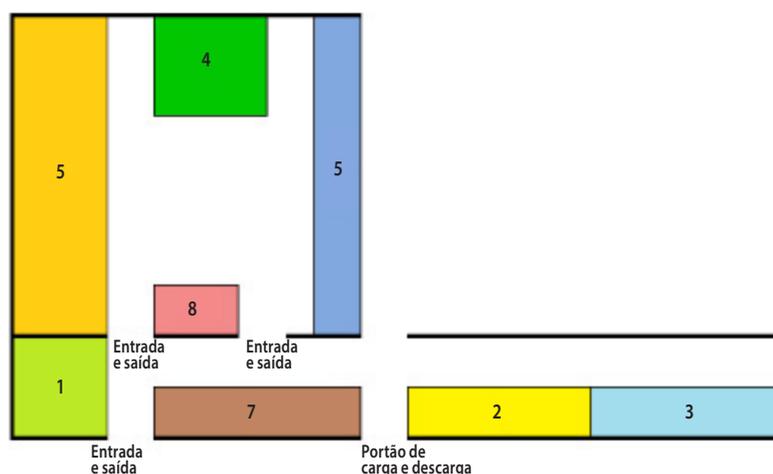
A seção a seguir descreve uma nova alocação, proposta pela solução do modelo, para os tipos de café nos locais de armazenagem.

4.2. Cenário proposto pela solução do modelo

Para a resolução do modelo, foi utilizado o valor 100 para a penalidade (α_j) associada aos locais de armazenagem quando houver extrapolação de seu percentual máximo desejado de preenchimento (34%). Isto é, buscou-se uma solução no qual ocorra o mínimo possível de extrapolação.

A empresa X tem como previsão mensal a chegada da seguinte quantidade de cada tipo de café ao seu armazém: tipo 1 – 82,5 toneladas; tipo 2 – 495 toneladas; tipo 3 – 330 toneladas; tipo 4 – 165 toneladas; tipo 5 – 247,5 toneladas; tipo 6 – 165 toneladas; tipo 7 – 82,5 toneladas; tipo 8 – 82,5 toneladas. Sendo assim, na solução do modelo, a empresa contará com a seguinte quantidade de cada tipo de café armazenado: tipo 1 – 232,5 toneladas; tipo 2 – 1395 toneladas; tipo 3 – 930 toneladas; tipo 4 – 465 toneladas; tipo 5 – 697,5 toneladas; tipo 6 – 465 toneladas; tipo 7 – 232,5 toneladas; tipo 8 – 232,5 toneladas. O cenário proposto pela solução do modelo pode ser observado na Figura 3.

Figura 3 – Novo cenário proposto pela resolução do modelo.



Fonte: Próprios autores (2014).

De acordo com a Figura 3, a solução do modelo propõe a seguinte alocação para os tipos de café nos locais de armazenagem: tipo 1 – local 1; tipo 2 – local 3; tipo 3 – local 8; tipo 4 – local 5; tipo 5 – local 6; tipo 6 – local 4; tipo 7 – local 2; tipo 8 – local 7. Ao se alocar a quantidade total de cada tipo de café à apenas um local de armazenagem, em alguns casos houve uma extrapolação no percentual máximo de preenchimento, como nos seguintes casos: local 3 – extrapolação de 595,32 toneladas de café do tipo 2; local 6 – extrapolação de 57,756 toneladas de café do tipo 5; local 7 – extrapolação de 72,564 toneladas de café do tipo 8; local 8 – extrapolação de 130,32 toneladas de café do tipo 3.

Com base no resultado obtido, pode-se verificar que o cenário proposto apresenta uma alocação bem mais ordenada dos tipos de café. Evitando que os tipos de café sejam misturados, o modelo garante que, para cada local de armazenagem, seja designado apenas um tipo de café. Isso ajuda, também, na localização de um determinado tipo de café dentro do armazém, além de saber qual a quantidade disponível no local. Para atender ao critério de minimização da movimentação dentro do armazém, os tipos de café que possuem maior índice de movimentação foram designados aos locais mais próximos do ponto de carga/descarga. Da mesma forma, os tipos de café com menor índice de movimentação foram designados aos locais mais distantes do ponto de carga/descarga. Além disso, a viabilidade da desalocação e realocação dos tipos de café já existentes no armazém foi avaliada na obtenção da solução. Essas atividades podem ser caras e demoradas, tornando-as inviáveis. Outra questão importante que também foi avaliada é a da segurança das pessoas envolvidas. Isto é, o modelo considera uma penalidade ao se extrapolar a capacidade desejada de preenchimento dos locais de armazenagem, minimizando, assim, a possibilidade de ocorrência de acidentes.

Para melhorar os aspectos de designação de locais de armazenagem de uma empresa é necessário o comprometimento de todos os colaboradores envolvidos, buscando sempre a melhoria desse processo. A otimização aparece como uma excelente ferramenta para auxiliar nessa busca. Com base nos resultados obtidos por essa ferramenta, as empresas podem aperfeiçoar seu processo de armazenagem, utilizando sempre, de acordo com as características dos produtos a serem armazenados, seus locais e recursos operacionais da melhor maneira possível. Por exemplo, um novo dimensionamento, ou leiaute, dos locais de armazenagem, adequado às características de novos produtos a serem armazenados, pode ser rápido e facilmente projetado com base nos resultados obtidos. Com isso, é possível obter uma redução significativa nos custos e no tempo de movimentação para carga/descarga.

5. CONCLUSÕES

O presente trabalho teve como objetivo propor um esquema eficiente de armazenagem para a empresa X, localizada na região do Alto Paranaíba - Minas Gerais, e que atua no ramo de exportação de grãos de café. Com um sistema de armazenagem eficiente pode-se ganhar proveito na ocupação do espaço e na utilização dos recursos operacionais e do tempo do pessoal, além de facilitar no processo de separação de pedidos.

Para isso, o problema foi modelado matematicamente como um problema de designação de locais de armazenagem (SLAP), buscando a minimização dos custos de manuseio e a maximização da utilização do espaço e da eficiência do armazenamento. O modelo de programação linear inteira utilizado, com os dados coletados na empresa, foi resolvido utilizando o solver *CPLEX* versão 12.1.

Com base no resultado obtido, pode-se verificar que o cenário proposto apresenta uma alocação bem mais ordenada dos tipos de café. Isso facilita na localização de um determinado tipo de café dentro do armazém, além de saber qual a quantidade disponível no local. Para atender ao critério de minimização da movimentação dentro do armazém, os tipos de café que possuem maior índice de movimentação foram designados aos locais mais próximos do ponto de carga/descarga. Além disso, a viabilidade da desalocação e realocação dos tipos de café já existentes no armazém foi avaliada na obtenção da solução. Essas atividades podem ser caras e demoradas, tornando-as inviáveis. Outra questão importante que também foi avaliada é a da segurança das pessoas envolvidas. Isto é, o modelo considera uma penalidade ao se extrapolar a capacidade desejada de preenchimento dos locais de armazenagem, minimizando, assim, a possibilidade de ocorrência de acidentes.

O resultado obtido pode não ser a decisão final, porém o tomador de decisão pode pautar-se na solução gerada para que seus atos sejam pautados em dados concretos, e não apenas em intuições.

Diversos gestores encontram-se na mesma situação dos gestores da empresa X, ou seja, suas empresas produzem certo número de produtos e, precisam determinar onde armazenar cada um deles da melhor forma possível. Sendo assim, o estudo do SLAP, como foi feito para a empresa X, torna-se importante, pois um correto armazenamento dos produtos pode gerar uma considerável redução nos custos logísticos da empresa, bem como maior segurança. Vários critérios para determinar os locais de armazenagem podem ser utilizados, porém o SLAP engloba vários deles ao mesmo tempo, retornando a armazenagem ótima.

Em relação aos acadêmicos, a aplicação do SLAP na empresa X é importante devido a este ser um problema de difícil resolução (pertence ao conjunto NP-difícil), além do fato de poder ser comprovada a aplicabilidade de tal problema a casos reais, gerando um resultado satisfatório, cuja adoção é viável.

REFERÊNCIAS

- AMARAL, D. **Capacidade de armazenamento da safra brasileira está abaixo do nível de segurança**. Nordeste Rural: Notícias do Campo, 2007. Disponível em: <<http://www.nordesterrural.com.br/>>. Acesso em: 18 de maio de 2014.
- BALLOU, R. **Logística empresarial: transporte, administração de materiais e distribuição física**. São Paulo: Atlas, 1993.
- BANZATO, E.; BONZATO, J. M.; MOURA, R. A.; CARILLO JÚNIOR, E.; RAGO, S. F. T. **Atualidades na Armazenagem**. 1. ed. São Paulo: 2003.
- BATTISTA, C.; FUMI, A.; GIORDANO, F.; SCHIRALDI, M. M. Storage Location Assignment Problem: implementation in a warehouse design optimization tool. **Proceedings of the Conference “Breaking down the barriers between research and industry”**, Abano Terme, Padua – Italy, 14-16 September 2011.
- BORÉM, F. M.; NOBRE, G. W.; FERNANDES, S. M.; PEREIRA, R. G. F. A.; OLIVEIRA, P. D. Avaliação sensorial do café cereja descascado, armazenado sob atmosfera artificial e convencional. **Ciências Agrotécnicas**, v. 32, n. 6, p. 1724-1729, 2008.
- BRAGA, L. M.; PIMENTA, C. M.; VIEIRA, J. G. V. Gestão de armazenagem em um supermercado de pequeno porte. **Revista P&D em Engenharia de Produção**, v. 8, p. 57-77, 2008.
- CAMPAROTTI, C. E. S.; ROTTA, I. S. Análise da armazenagem de uma usina sucroalcooleira com proposição de melhorias no layout do armazém. *In: XXXIII ENEGEP – Encontro Nacional de Engenharia de Produção*, Salvador, 2013. **Anais...**, Salvador: XXXIII ENEGEP, 2013.
- CAMPOS, M. S. **Modelagem matemática aplicada a problemas na armazenagem de produtos acabados de uma siderúrgica**. 2009. 180 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2009.

CONAB. **Companhia Nacional de Abastecimento**. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br>>. Acesso em: 3 de junho de 2014.

FLEURY, P. F.; RIBEIRO, A. A indústria de prestadores de serviços logísticos no Brasil: caracterizando os principais operadores. *In: XXV ENANPAD – Encontro da Associação Nacional dos Programas de Pós-Graduação em Administração*, Campinas, 2001. **Anais...**, Campinas: XXV ENANPAD, 2001.

FONSECA, M. J. O. Cultivo do milho: Colheita e pós-colheita. **Embrapa Milho e Sorgo, Sistema de Produção**, Versão Eletrônica, 2. ed., 2006.

GU, J.; GOETSCHALCKY, M.; MCGINNIS, L. F. Research on warehouse operation: a comprehensive review. **European Journal of Operational Research**, v. 177, p. 1–21, 2007.

IBGE. **Indicadores Agropecuários**, 2013. Disponível em: <[http://ftp.ibge.gov.br/Estoque/Pesquisa_de_Estoques_\[semestral\]/Comentarios/estoque_201302comentarios.pdf](http://ftp.ibge.gov.br/Estoque/Pesquisa_de_Estoques_[semestral]/Comentarios/estoque_201302comentarios.pdf)>. Acesso em: 10 de junho de 2014.

MOURA, R. A. **Sistemas e Técnicas de Movimentação e Armazenagem de Materiais**. 5. ed., São Paulo: IMAM, 2005.

SANTOS, C. C. C. R. **Logística Interna de Movimentação E Armazenagem de Materiais**. 2005. 74 f. Monografia (Graduação em Engenharia de Produção) – Universidade Estadual de Maringá. Maringá, 2005.

SANTOS, M. S. F. **Análise sobre a utilização do e-commerce por uma empresa de São Paulo**. 2009. 68 f. Monografia (Técnico em Logística e Transporte) – Centro Tecnológico da Zona Leste, Faculdade de Tecnologia da Zona Leste. São Paulo, 2009.

SILVA, L. C. **Armazenamento de Grãos**. Empresas Brasileiras, Universidade do Oeste Paranaense, Cascavel, 2003. Disponível em: <http://www.unioeste.br/agais/emp_nacional.html>. Acesso em: 05 de junho de 2014.