

A utilização da Programação Linear como proposta de intervenção através do Software Lindo em uma fábrica de Palmito localizada na cidade de Abaetetuba - PA

Livia Pantoja Rodrigues (Universidade Federal do Pará) livia_pantoja@yahoo.com
Karem Tamires Alves da Costa (Universidade Federal do Pará) karemtamires95@gmail.com
Maurício dos Santos Ferreira (Universidade Federal do Pará) mau_knot@hotmail.com
Patiane Sena Pantoja (Universidade Federal do Pará) patyanepantoja13@gmail.com

Resumo:

O presente trabalho tem por objetivo apresentar uma proposta de intervenção através da aplicação da pesquisa operacional, por meio da ferramenta *software* LINDO (*Linear Interactive Discrete Optimizer*), para a maximização da arrecadação da receita proveniente das vendas em uma indústria de beneficiamento de palmito em Abaetetuba – PA. Realizou-se uma visita às dependências da empresa para obter os dados necessários para a intervenção, tais como: capacidade produtiva, demanda mensal e específica, número de funcionários e a quantidade de matéria-prima disponível para a produção. Em seguida, montou-se uma modelagem matemática utilizando a Programação Linear, de acordo com os dados que foram inseridos no *software* LINDO para obter uma resposta ótima. Após as avaliações do resultado, foi possível obter uma arrecadação significativa de receita dentro das restrições do processo.

Palavras chave: Maximização da arrecadação, Palmito, Programação linear, *Software* LINDO.

The use of Linear Programming as a proposal for intervention through Lindo Software in a Palm Factory located in the city of Abaetetuba - PA

Abstract

This assignment aims to present an intervention proposal through the operational research application of the software tool named LINDO (*Linear Interactive Discrete Optimizer*), for the maximization of revenue collection from sales in an industry of palm heart processing in Abaetetuba, Pará state in Brazil. A visit was made to the company premises to obtain the necessary data for the intervention, such as: production capacity, monthly and specific demand, number of employees and the amount of raw material available for production. Then, a mathematical model was assembled using linear programming according to the data that was inserted in the LINDO software for an optimal response. After evaluating the result, it was possible to obtain a significant revenue collection within the constraints of the process.

Key-words: Maximization of collection, Palm heart, Linear Programming, LINDO Software.

1. Introdução

Na última década o agronegócio do palmito vem perdendo o caráter de atividade extrativa e um tanto clandestina devido às questões ambientais, à exaustão das espécies nativas, às

exigências da ANVISA e ao aumento do cultivo de espécies nativas e exóticas. (RODRIGUES & DURIGAN, 2007)

Segundo Modolo (2007), “o Brasil é responsável por 95% da produção mundial de palmito, sendo também maior consumidor, com o estado de São Paulo se apresentando com cerca de 42% desse consumo”. Por sua vez, o estado do Pará é considerado o maior extrativista e produtor de palmito em conserva, afirma Mourão (2010).

Com o crescimento dessa atividade na região Norte, o desafio é que o processo deixe de ser puramente manual para ser mais automatizado pelas grandes empresas. Por isso, a pesquisa operacional pode ser utilizada como ferramenta de otimização do processo em todas as variantes.

O presente artigo objetiva propor, através da Pesquisa Operacional, a maximização da arrecadação de vendas da produção utilizando a ferramenta do software LINDO® em uma fábrica atuante no ramo de produção e comercialização de palmito em conserva, e em seguida, analisar economicamente, comparando os resultados alcançados nesta pesquisa com os dados fornecidos.

2. Metodologia

O presente trabalho utiliza a pesquisa operacional como método para realizar uma proposta de otimização, visando à maximização da arrecadação de vendas de uma fábrica de palmito localizada na cidade de Abaetetuba – PA, utilizando como ferramenta o software LINDO.

Godoy (1995, p. 25) caracteriza o método do Estudo de Caso como “estratégia de produção preferida quando os pesquisadores procuram responder questões ‘como’ e ‘por quê’ certos fenômenos ocorrem, quando há pouca possibilidade de controle sobre os eventos estudados e quando o foco de interesse é sobre fenômenos atuais, que poderão ser analisados dentro de algum contexto da vida real”.

A metodologia desse trabalho pode ser descrita nas etapas a seguir:

- a) Revisão bibliográfica: Primeiramente, realizou-se um levantamento de acervos para a fundamentação teórica como conceitos de pesquisa operacional e de palmito;
- b) Coleta dos dados: Realizou-se uma visita as dependências da fábrica em questão. Aplicaram-se entrevistas estruturadas à gerência da empresa e um questionário;
- c) Análise dos dados do problema: Uma triagem dos dados relevantes foi realizada para a pesquisa de acordo com o seu objetivo;
- d) Modelagem matemática: O problema foi descrito através de uma modelagem matemática, contendo as variáveis do problema, função objetivo e restrições. Utilizou-se a ferramenta software LINDO® para a obtenção do resultado ótimo. Analisaram-se os resultados obtidos e eles foram organizados em formas de tabelas com o auxílio do programa Microsoft Office Excel®;
- e) Proposta de intervenção: A proposta de intervenção no processo produtivo da empresa foi elaborada dentro dos recursos disponíveis da indústria.

3. Referencial Teórico

Neste tópico será apresentado o referencial teórico do estudo obtido através de uma revisão de literatura dos conceitos de tudo que se refere à pesquisa operacional dentro do contexto do estudo de caso e sobre o palmito.

3.1 Pesquisa Operacional

A pesquisa operacional pode ser utilizada como um meio de intervenção para soluções de problemas em um processo produtivo. Segundo Hillier & Lieberman (2006), “as origens da Pesquisa operacional, ou comumente chamada de PO, pode ser atribuída às atividades militares nos primórdios da Segunda Guerra Mundial. Em razão do empreendimento da guerra, havia a uma necessidade premente de se alocar de forma eficiente os escassos recursos para as diversas operações e militares e atividades internas a cada operação”.

“Desde o seu nascimento, esse novo campo de análise de decisão caracterizou-se pelo uso de técnicas e métodos científicos qualitativos por equipes interdisciplinares, no esforço de determinar a melhor utilização dos recursos limitados e para a programação otimizada das operações de uma empresa” (ANDRADE, 2011).

A PO é considerada uma grande área de estudo onde há a valorização da tomada de decisão racional, de acordo com os recursos disponíveis, objetivando o aproveitamento máximo. Outra característica da PO é a de facilidade no processo de decisão, por ser baseado na racionalidade e utilizar a experimentação, tornando a decisão mais avaliada e comprovada, para assim ser implementada com confiança. Dessa forma, a PO torna-se um poderoso instrumento de gerência dentro de uma organização.

3.2 Programação Linear

Geralmente, nas organizações há uma dificuldade para alocação dos recursos e sua distribuição para as mais diversas tarefas, comumente, não são suficientes. Para solucionar este problema, atingindo um valor ótimo, utiliza uma técnica na qual é representada por um modelo de otimização, onde as relações matemáticas são lineares.

Segundo Andrade (2011, p. 26) “a programação linear, técnica de solução, para esse tipo de problema tem um domínio de aplicação extremamente vasto”. Andrade (2011, p. 26) ainda afirma que foi “desenvolvida após a Segunda Guerra Mundial como instrumento de administração, por esforços concentrados em pesquisas econômicas e econométricas, rapidamente tornou-se uma das ferramentas mais eficazes para estudos de gestão: organizações de transporte, determinação de políticas de estoques, estudos de fluxos de caixa e investimentos [...]”.

Hillier & Lieberman (2006, p. 25) definem a programação linear como “um modelo matemático para descrever o problema em questão. O adjetivo linear significa que todas as funções matemáticas nesse modelo são necessariamente funções lineares. A palavra programação, nesse caso, não se refere à programação de computador; ela é, essencialmente, um sinônimo para planejamento. Portanto, a programação linear envolve o planejamento de atividades para obter um resultado ótimo, isto é, um resultado que atinja o melhor objetivo especificado (de acordo com o modelo matemático) entre todas as alternativas viáveis.”

Portanto, a utilização da programação linear é de extrema importância para o método científico da pesquisa operacional, auxiliando na resolução de inúmeros problemas relacionados à produção, transporte, entre outros.

3.3. Modelagem matemática

“A modelagem do problema em fórmulas matemáticas se configura uma das etapas mais importantes da aplicação da pesquisa operacional, tendo em vista a necessidade da coerente interpretação do problema-questão a ser solucionado e sua correta conversão para fórmulas matemáticas, que, uma vez delimitadas, nortearão o programa computacional favorito à apresentação de soluções viáveis para a questão levantada (AMOURY NETA et al., 2014).”

Para Colin (2011, p.15 apud Praxedes et al., 2016), a modelagem matemática é “uma

representação simplificada do comportamento da realidade expressa na forma de equações matemáticas que serve para simular a realidade”.

A princípio, precisa-se determinar as variáveis de decisão, seguida da função objetivo que procura maximizar ou minimizar. E por fim, as restrições do problema, podendo ser os recursos disponíveis para determinada tarefa.

Para a PO, a modelagem matemática é importantíssima, pois é o alicerce para a sua utilização, a falta da modelagem matemática do problema, dificulta a resolução do mesmo. Por sua vez, o observador deve fazer uma análise minuciosa da modelagem, de acordo com o problema em questão e seu objetivo para buscar a solução ótima.

3.4. Estrutura da Modelagem

3.4.1 Variáveis de decisão

“As variáveis de decisão são as incógnitas para serem determinadas da solução do modelo. Os parâmetros representam as variáveis controladas do sistema (MONTEVECHI, 2000, p.9 apud AMOURY NETA et al., 2014) ”. De acordo com o objetivo da modelagem, as variáveis de decisão serão valores após vários testes buscando uma solução ótima para o problema em questão. Frisando que, em hipótese alguma, os valores das variáveis de decisão devem ser negativos, alguns softwares já consideram esses valores maiores que zero.

3.4.2. Função Objetivo

A função objetivo é o próximo passo para a modelagem. De acordo com as especificações para tomada de decisão, a função objetivo pode ser de maximização (lucro, eficiência, produção) ou minimização (custos, tempo). A mesma é constituída pelas variáveis de decisão, afim de que as hipóteses sejam testadas para a solução ótima.

3.4.3 Restrições do problema

Estão ligadas às limitações de recursos para determinada tarefa, podendo ser capacidade produtiva da organização, matéria-prima disponível, número de funcionários entre outras. Tudo o que está ligado aos recursos disponíveis, está ligado com as restrições.

Montevechi (2000 apud AMOURY NETA et al., 2014), afirma que usualmente as restrições são transcritas em forma de equações e/ou inequações matemáticas.

As restrições também estão divididas em LHS (left hand side) que é o lado esquerdo da restrição, onde apresenta a fórmula e em seguida o seu resultado e RHS (right hand side) que é o lado direito da restrição, com sua respectiva constante (AMOURY NETA et al., 2014).

3.5 O Palmito

O palmito, produto considerado hortaliça não convencional, pode ser obtido de um grande número de espécies de palmeiras. Botanicamente, constitui-se da gema apical, responsável pelo desenvolvimento da palmeira, envolta pelas folhas ainda não desenvolvidas e posicionadas na extremidade superior do estipe da palmeira (TABORA JR et al., 1993 apud MODOLO, 2007). Daniel (1997) diz que “no Brasil três espécies que se destacam para a produção do palmito, como o açaí (*Euterpe oleracea*), responsável por 90% da produção atual, a juçara (*Euterpe edulis*) e a pupunha (*Bactris gasipaes*)”.

O produto possui mercado consumidor em praticamente todas as regiões brasileiras e em diversos outros países, sendo o Brasil responsável por grande parte da produção mundial de palmito, considerando que a palmeira do açaí é encontrada abundantemente na região amazônica.

4. Estudo de Caso

O trabalho foi realizado em uma indústria de beneficiamento de palmito localizada na cidade de Abaetetuba – PA, onde se utiliza o palmito de açaí proveniente das ilhas da região. A empresa atua nos estados do Pará e Amapá e possui cinco fábricas, reconhecida nacionalmente, busca o reconhecimento internacional, em andamento, pois já conta com uma participação de 30% (PINHO, 2011) na exportação brasileira do produto.

4.1. Caracterização do processo produtivo da empresa

O processo produtivo da empresa desde o recebimento da matéria-prima até a sua finalização é considerada puramente manual. Na figura 1, o processo de produção do palmito pode ser descrito.

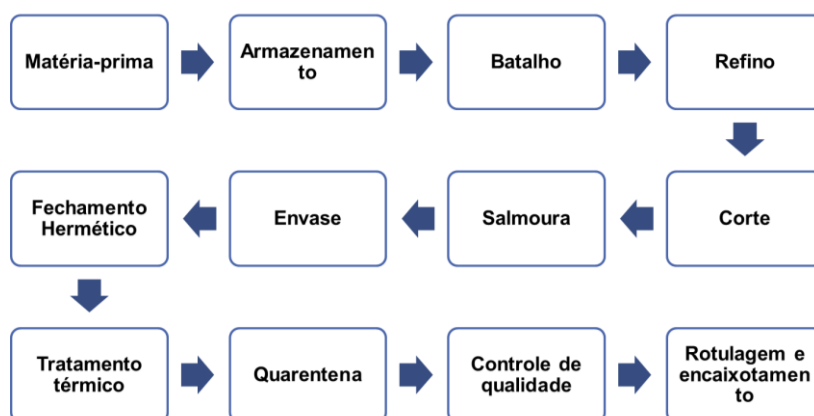


Figura 1 - Fluxograma do processo produtivo

- a) Recebimento da Matéria-Prima: O palmito é trazido pelos ribeirinhos, onde este é manualmente descarregado na indústria e avaliado pelo responsável técnico, bem como o seu transporte. Nesta etapa, também ocorre uma avaliação por lote para verificar a acidez do palmito;
- b) Armazenamento: Consiste em conservar a matéria-prima sob as condições adequadas;
- c) Batalho: É realizado um descascamento parcial, removendo as bainhas fibrosas das partes comestíveis do palmito;
- d) Refino: Neste momento é realizado o descascamento final retirando as últimas camadas. Ainda no ‘Refino’ o palmito é mergulhado no tanque com salmoura para evitar o escurecimento do mesmo;
- e) Corte: É realizado somente até a textura do tolete permitir a penetração da faca sobre pressão leve a moderada. Os pedaços são colocados em tanques distintos de acordo com a classificação do corte;
- f) Preparo da Salmoura: Processo automatizado realizado em tanque de mistura constituído de 3% de cloreto de sódio e ácido cítrico, até o atingir um pH de 4,3;
- g) Envase: É realizado manualmente, o envase é a etapa onde se efetua o acondicionamento do palmito na sua embalagem;
- h) Fechamento Hermético dos Potes: Realiza-se rosqueando as tampas. Analisam-se possíveis falhas, após isso estes são colocados em cestos de aço inoxidável;

- i) Tratamento Térmico: Etapa onde as embalagens são submetidas a altas temperaturas por um determinado tempo e, posteriormente, a baixas temperaturas com a finalidade de eliminar células patogênicas através do choque térmico;
- j) Quarentena: Etapa na qual o palmito permanece inerte por um período de 15 dias, a fim de identificar possíveis erros. Nesse período há a troca da salmoura com o palmito;
- k) Controle de Qualidade: São realizadas observações no produto até o momento em que esteja adequado para o consumo;
- l) Rotulagem e Encaixotamento: É realizado de acordo com o tipo e embalagem do produto.

4.2. Dados do Problema

A partir dos dados fornecidos pela fábrica analisada no artigo, elaborou-se um problema questão, viabilizando um modelo de decisão, especificando seus componentes, tendo em vista seus objetivos e restrições. Portanto, a questão em estudo é a seguinte: “Uma fábrica de beneficiamento de palmito localizada na cidade de Abaetetuba - PA dispõe de 18 funcionários responsáveis por sua produção, o estabelecimento funciona 8 horas por dia, de segunda a sexta e meio período aos sábados. A fábrica possui uma capacidade produtiva de 4.250 caixas/mês, e matéria-prima mensal de 9.000 cabeças de palmito *in natura*. A mesma trabalha com três tipos de embalagens de produto (especificados em g): 300g, 180g e 120g, onde seu preço unitário/caixa, respectivamente, é de R\$175, R\$ 192 e R\$ 120 reais, com uma demanda mensal de 4.400 caixas/mês”.

Na tabela 1, podem ser observados os itens produzidos, classificados por suas embalagens, onde mostra a quantidade de potes por caixa, preços unitários por caixa e suas respectivas demandas de caixas por mês.

Embalagem (g)	Unid. /Caixa	Preço Unitário/Caixa (R\$)	Demanda (Caixas/mês)
300g	15	R\$ 175,00	2.190
180g	24	R\$ 192,00	1.230
120g	24	R\$ 120,00	980

Fonte: Autores (2017)

Tabela 1 – Itens produzidos na fábrica

Objetiva-se a maximização da arrecadação das vendas provenientes dos produtos, sendo que a fábrica possui uma demanda mensal de 4.400 caixas/mês, e uma capacidade produtiva de 4.250 caixas/mês, dispondo de 9.000 “cabeças” de palmito *in natura* para sua produção.

4.3. Modelagem do problema

4.3.1 Função Objetivo

No problema, a função objetivo buscará maximizar a arrecadação das vendas de cada variável, ou seja, saber qual a quantidade de caixas do produto mensal renderia mais lucro, levando em conta o preço unitário/caixa de cada tipo de produto. Portanto, as variáveis de decisão serão os tipos de embalagens do produto produzido.

$$\max 175x_1 + 192x_2 + 120x_3$$

x₁: Quantidades de caixas do pote de 300g a serem produzidos.

x₂: Quantidades de caixas do pote de 180g a serem produzidos.

x₃: Quantidades de caixas do pote de 120g a serem produzidos.

4.3.2 Restrições dos recursos disponíveis

Segundo os dados levantados, a capacidade produtiva mensal, a demanda mensal, o número de funcionários e a matéria-prima são restrições do problema.

a) Restrições de capacidade produtiva: A quantidade de caixas produzidas não deve ultrapassar a capacidade produtiva.

$$x_1 + x_2 + x_3 < 4250$$

b) Restrições de demanda mensal/caixas para os respectivos tipos de embalagens:

$$x_1 < 2190$$

$$x_2 < 1230$$

$$x_3 < 980$$

c) Restrições do número de funcionários disponíveis, onde é a razão do número de funcionários para a produção máxima:

$$0,0042x_1 + 0,0042x_2 + 0,0042x_3 < 18$$

d) Restrições de matéria-prima disponível, onde se utilizou a razão do número de cabeças de palmito para a produção máxima:

$$2,11x_1 + 2,11x_2 + 2,11x_3 < 9000$$

4.4. Análise e resolução do Problema

Possuindo a modelagem matemática obtida através dos dados disponibilizados, utiliza-se o *Software* LINDO, para alcançar, assim, a solução ótima. As figuras 1 e 2 apresentam, respectivamente, a modelagem matemática realizada na tela de comando do software e a resposta ótima obtida.

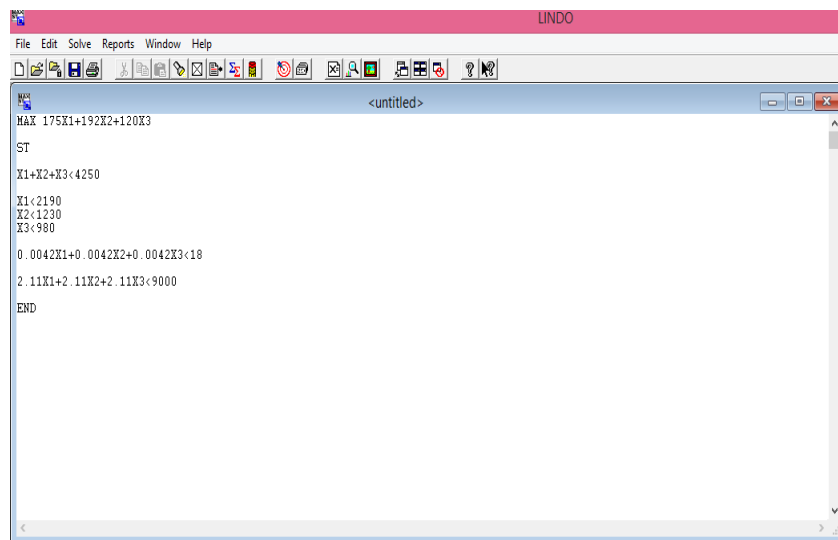


Figura 2 - Modelagem Matemática no *Software* LINDO

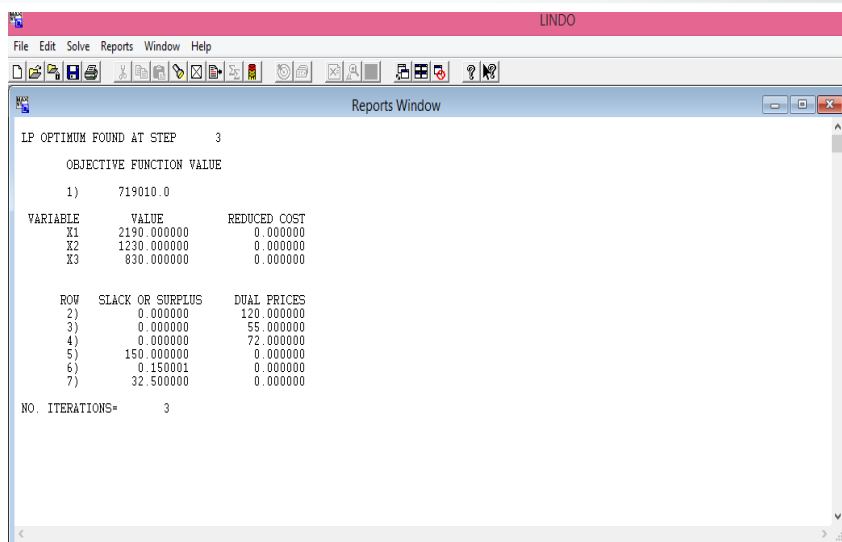


Figura 3 - Resultado obtido no Software LINDO

Em seguida, obteve-se as tabelas 2 e 3 para melhor visualização do resultado apresentado e realizar as análises necessárias do problema.

Variáveis	Valores	Aumento Permitido	Diminuição Permitida
300g	2190	-	55
180g	1230	-	72
120g	830	55	120

Fonte: Autores (2017)

Tabela 2 – Resultados das variáveis obtidos no software LINDO

Restrições	Folga	Preços Duplos	Aumento permitido	Diminuição Permitida	RHS
Capacidade Produtiva	0	120	15,4	830	4250
Demanda Mensal (300g)	0	55	830	150	2190
Demanda Mensal (180)	0	72	830	150	1230
Demanda Mensal (120g)	150	0	0	150	980
Mão-de-obra	0,15	0	0	0	18
Matéria-prima	32,5	0	0	32,5	9000
Custo Reduzido			0		
Função Objetivo			R\$ 719.010,00		

Fonte: Autores (2017)

Tabela 3 – Resultados da função objetivo e restrições obtidos no software LINDO

A partir da utilização e resultados da ferramenta do Software LINDO, constatou-se que a empresa precisa planejar uma produção de 2.190 caixas de 300g de palmito, 1.230 caixas de 180g e apenas 830 caixas de 120g para que haja uma otimização produtiva.

Constatou-se ainda que, no momento atual em que a empresa se encontra, ela pode adquirir um retorno máximo de R\$719.010,00 mensais utilizando 99,64% da matéria prima disponível

e 99,16% dos funcionários para a fabricação de 4.250 caixas de palmito em conserva.

5. Conclusão

Foi possível elaborar um modelo de otimização, através do software LINDO® dentro das restrições da produção do palmito e verificou-se que a empresa pode arrecadar uma receita de R\$ 719.010,00 mensais.

Visto que a quantidade de caixas de palmito produzidas pela empresa não consegue atender a demanda, faltando 150 caixas do pote de 120g a serem produzidas pela mesma, uma alternativa seria o aumento da capacidade produtiva, utilizando conceitos de planejamento da produção, onde esta poderia ser maximizada através de admissão de funcionários, aumento do maquinário e da área de produção.

Com este trabalho, pode-se constatar na prática a importância da pesquisa operacional em qualquer processo, dos mais simples até os mais complexos. Uma sugestão para trabalhos futuros seria a utilização de técnicas de planejamento da produção, a fim de aumentar a capacidade produtiva da empresa em questão para otimizar o atendimento à demanda no prazo adequado e aumentar ainda mais a arrecadação da sua receita.

Referências

AMOURY NETA, A. S. et al. *Aplicação do suplemento operacional solver em uma empresa do ramo de cerâmica localizada na cidade de Marabá – PA: Uma proposta de intervenção pela otimização.* In: SIMPÓSIO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO: As demandas de infraestrutura logística para o crescimento econômico brasileiro, 21, 2014, Bauru – SP. *Anais...* Bauru – SP: UNESP, 2014.

ANDRADE, E. L. *Introdução à pesquisa operacional: métodos e modelos para análise de decisões.* 4º ed. Rio de Janeiro: LTC, 2011.

DANIEL, O. *Potencial da Palmicultura em Mato Grosso do Sul.* In: SEMINÁRIO SOBRE SISTEMAS FLORESTAIS PARA O MATO GROSSO DO SUL, 1, 1997, Dourados, Resumos... Dourados: EMPRAPA-CPAO/Florasul, 1997, p. 63-77.

GODOY, A. S. *Pesquisa qualitativa: tipos fundamentais.* Revista de Administração de Empresas, São Paulo, v. 35, n. 3, p. 20-29, maio/junho, 1995.

HILLIER, F. S.; LIEBERMAN, G. J. *Introdução à pesquisa operacional.* 8º ed. São Paulo: McGraw-Hill, 2006.

MODOLO, V. A. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE HORTICULTURA: *Palmitos da flora brasileira.* 2007. Disponível em: <<http://www.abhorticultura.com.br/pal18>> Acesso em: 09 Ago. 2017.

MOURÃO, Leila. *HISTÓRIA E NATUREZA: Do açaí ao palmito.* Revista Territórios e Fronteiras, V.3 N.2. – Jul/Dez 2010.

PINHO, Flávia. PEQUENAS EMPRESAS, GRANDES NEGÓCIOS – [...] explora prestígio da Amazônia e ganha mercado externo. Revista eletrônica. Disponível em: <<http://www.revistapegn.globo.com>> Acesso em: 10 Ago. 2017.

PRAXEDES, A. M. et al. *Utilização da Pesquisa Operacional como auxílio ao planejamento da produção de uma indústria de madeira serrada de médio porte.* In: SIMPÓSIO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO: Gestão de Operações em Serviços e seus Impactos Sociais, 23, 2016, Bauru – SP. *Anais...* Bauru – SP: UNESP, 2016.

RODRIGUES, A. S.; DURIGAN, M. E. *O agronegócio do palmito no Brasil.* Londrina: IAPAR, 2007. 131 p.