



ISSN: 2447-5580

Disponível em: <http://periodicos.ufes.br/BJPE/index>



Campus São Mateus  
UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO

ARTIGO ORIGINAL

OPEN ACCESS

## A INFLUÊNCIA DAS ROTAS NO PLANEJAMENTO, PROGRAMAÇÃO E CONTROLE DA PRODUÇÃO DE UMA CERÂMICA

### *THE INFLUENCE OF ROUTES IN THE PLANNING, PROGRAMMING AND CONTROL OF THE PRODUCTION OF A CERAMIC*

Tiago Silva dos Santos<sup>1\*</sup> & Felipe Silva dos Santos<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Graduando de Engenharia de Produção da Universidade do Estado do Pará, Amapá, CEP 68502-100, Marabá, Pará, Brasil. [tiagosilvaep2015@gmail.com](mailto:tiagosilvaep2015@gmail.com) <sup>2</sup> Graduando de Engenharia de Materiais da Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará, Marabá, Pará, Brasil. [felipesilva\\_wee@hotmail.com](mailto:felipesilva_wee@hotmail.com)

#### ARTIGO INFO.

Recebido em: 21/12/2017

Aprovado em: 06/07/2018

Disponibilizado em: 10/10/2018

**PALAVRAS-CHAVE:** Planejamento Agregado da Produção; Custo mínimo; Cerâmicas.

**KEYWORDS:** Aggregate Production Planning; Minimum cost; Ceramics.

Copyright © 2018, Santos & Santos. Esta obra está sob uma Licença Creative Commons Atribuição-Uso.

\*Autor Correspondente: Tiago Silva dos Santos.

#### RESUMO

Esta pesquisa é uma aplicação das ferramentas do Planejamento e Controle da Produção (PCP) assim como do método de custo mínimo de transportes, em uma cerâmica no estado do Pará com sua matriz localizada no município de Nova Ipixuna e uma filial no município de Novo Repartimento, ambas no sudeste do estado. Como parte inicial deste trabalho buscou-se entender os conceitos e etapas, da implantação do PCP. Nesse sentido utilizou-se de métodos quali-quantitativos no qual se obteve informações como a disponibilidade de equipamentos, matérias-primas, processo de produção, tempos de processamento, tempos de setup, prazos, dentre outros. Assim como, identificou-se os problemas de transportes enfrentados pelas cerâmicas, e os otimizou com base na ferramenta de custo mínimo de transporte, logo com o devido planejamento das rotas de entrega para as cidades de Marabá (PA), Paragominas (PA), Parauapebas (PA) e Tucuruí (PA) juntamente com a modelagem matemática fundamentada, encontrou-se uma redução dos custos para os futuros oito trimestres de 21,30%, ou seja, os custos dos dados

disponibilizados que era de R\$ 943.722,00 caiu para R\$ 743.365,00. Observou-se uma possibilidade de aumento da produtividade mensal, minimizando o tempo improdutivo dos equipamentos - tempo de setup, por exemplo- e consequentemente, reduzindo o custo unitário do Tijolo.

#### ABSTRACT

This research is an application of the Production Planning and Control (PPC) tools, production sequencing and minimum transport costs methods, in a pottery in the State of Pará with its headquarters located in the municipality of Nova Ipixuna and a subsidiary in the municipality of Novo Repartimento, both in the southeast of the State. As an initial part of this work, we sought to understand the concepts and stages of PPC implantation. In this sense, we used qualitative and quantitative methods in which information was obtained, such as the availability of equipment, raw materials, production process, processing, setup times, deadlines, among others. As well, the transportation problems faced by the ceramics were identified and optimized based on the minimum transportation cost tool, with the proper planning of the delivery routes for the cities of Marabá (PA), Paragominas (PA), Parauapebas (PA) and Tucuruí (PA), together with the reasoned mathematical modeling, found a reduction of costs for the future eight quarters of 35,40%, that is, the data costs made available was R\$ 943.722,00 fell to R\$ 743.365,00. It was observed a possibility of increasing the monthly productivity, minimizing the unproductive time of the equipment - setup time, for example - and consequently, reducing the unit cost of the Brick.

Citação (APA): SANTOS, T. S. & SANTOS, F. S., (2018). A influência das rotas no planejamento, programação e controle da produção de uma cerâmica. *Brazilian Journal of Production Engineering*, 4(3): 94-112.

## INTRODUÇÃO

O crescimento rápido e a falta de planejamento, principalmente no setor produtivo podem causar sérios problemas futuros como gargalos da produção, atraso com clientes e mau dimensionamento das instalações (NEGRÃO et al., 2015). O cenário competitivo mundial, evidência que as empresas necessitam de esforços cada vez maiores para evitar desperdícios, controlar estoques, cumprir prazos e atender as expectativas dos clientes. Com isso, o planejamento e controle da produção é de grande valia dentro das organizações e a utilização das regras de sequenciamento é uma das formas para atingir alguns resultados desejados (ARAÚJO et al., 2018).

Conforme Leite (2017), o método do custo mínimo é comumente usados para encontrar a solução básica inicial, atribui o maior valor transportável da mercadoria às células com os menores custos unitários de transporte. Nesse contexto, o objetivo deste trabalho é aplicar técnicas da pesquisa operacional para minimizar os custos e otimizar o resultado de uma empresa que fabrica tijolos, e que realizar o transporte de suas mercadorias.

As atividades exercidas nas cerâmicas envolve a programação da produção e o processo de distribuição das operações. As diversas operações feitas no negócio podem aguardar o processamento em um determinado centro de trabalho. Com isso, o enfoco da programação da produção está relacionado a dois encargos básicos, a alocação de carga e o sequenciamento das tarefas ou operações (RODRIGUES et al., 2017).

Este trabalho teve como foco realizar uma comparação entre as regras de sequenciamento assim como planejar agregadamente os processos produtivos e as distribuições dos tijolos, dado sua importância nas atividades produtivas das cerâmicas, logo analisando os resultados obtidos por cada regra, uma vez que a empresa em estudo não possui uma regra de sequenciamento definida. Mostrou-se como essencial implantar e avaliar as técnicas de planejamento de materiais de médio e curto prazo, assim como estudar e adaptar o Planejamento Agregado de Produção (PAP) nas cerâmicas do sudeste do estado do Pará.

No entanto, a atividade de PCP desempenha um papel de extrema importância. Sobretudo no sequenciamento, as decisões acerca da ordem em que os produtos devem ser fabricados, respeitando prioridades e restrições impostas pelo processo, impactam consideravelmente nos prazos de entrega do produto para o cliente e nos custos (LUSTOSA et al., 2008). Assim se busca a melhor maneira de se planejar a produção de forma que se possa produzir o máximo, ao custo mínimo, e ainda, o desenvolvimento da sequência ótima de produção.

Então, com o estudo de caso realizado foram constatadas que tanto a matriz da cerâmica quanto a filial possuíam problemas no sequenciamento de produção assim como no planejamento e controle, logo foram indicadas como soluções a aplicação de um planejamento agregado dos materiais e do método do custo mínimo de transporte que refletiram no sequenciamento da produção. A partir das soluções sugeridas foi possível averiguar uma redução dos custos para os futuros oito trimestres de 21,30%, ou seja, os custos dos dados disponibilizados que era de R\$ 943.722,00 caiu para R\$ 743.365,00.

## **REFERENCIAL TEÓRICO**

### **PLANEJAMENTO E CONTROLE DE PRODUÇÃO (PCP)**

Segundo Fernandes (2010), o PCP é o processo de tomada de decisão que envolve o estabelecimento de metas e dos procedimentos necessários para atingi-las, sendo efetivo apenas quando seguido de um controle. Logo o PCP consiste em uma formalização do que se espera que aconteça e, não necessariamente, do que vai acontecer, pois um planejamento não consegue garantir que o evento aconteça como esperado (TUBINO, 2009).

O PCP tem como finalidade coordenar e apoiar o sistema de produção com o sentido de interagir entre si para produzir um resultado. Esse sistema distingue-se pelo processo de transformação de inputs (entrada) em outputs (saída), sendo envolvido com várias áreas vinculadas direta ou indiretamente, abrangendo decisões de manufatura com o objetivo de atender tanto o planejamento, quanto ao controle dos recursos direcionados à fabricação de modo a gerar bens e serviços (PEIXOTO et al., 2013).

O planejamento e controle da capacidade assegura a compatibilidade entre a capacidade disponível em centros de trabalho específicos e a capacidade necessária para atender a produção planejada (LUSTOSA et al., 2008). Assim, entende-se que quando se identifica a capacidade de atender à demanda futura no momento do planejamento, deverá ser adotada a decisão sobre quais políticas alternativas de suprimento da demanda serão utilizadas, que são elas: conservação da capacidade; acompanhamento da demanda através da estipulação da capacidade e mudança na demanda existente, de modo a manter capacidade estabelecida (SLACK et al., 2009).

O objetivo do acompanhamento e controle da produção é proporcionar a ligação entre planejamento e execução das atividades operacionais, determinando os desvios, sua magnitude e fornecendo subsídios para que os responsáveis pelas medidas corretivas possam

proceder (SANTOS et al., 2017). Quanto mais eficazes forem as ações do acompanhamento e controle da produção, menores serão os desvios a serem corrigidos, menor o tempo e as despesas com as ações corretivas. E para caracterizar o planejamento, deve ser feita uma correlação com a intensidade de decisão que a empresa almeja, são eles: as atividades do PCP são exercidas nos três níveis hierárquicos de planejamento e controle das atividades produtivas de um sistema de produção (MARZALL et al., 2016). No nível estratégico, onde são definidas as políticas estratégicas de longo prazo da empresa. No nível tático, onde são estabelecidos os planos de médio prazo para a produção. No nível operacional são preparados os programas de produção de curto prazo (TUBINO, 2009).

### **PLANEJAMENTO AGREGADO DE PRODUÇÃO**

O planejamento agregado é típico do nível tático. Nele se busca dimensionar outros recursos (como mão-de-obra pouca especializada, contratos de fornecimento e materiais básicos) cuja obtenção exige menor antecedência do que a necessária para se conseguir os recursos que são objetos do planejamento estratégico, como novas instalações, equipamentos essenciais e básicos, competência em novas tecnologias, novas linhas de produtos e novas parcerias (GOMES et al., 2017).

Segundo Lustosa (2008, p. 104) o propósito do planejamento agregado “é garantir que os recursos básicos para a produção estarão disponíveis, em quantidades adequadas, quando for decidir sobre o quanto produzir de cada produto, antes mesmo que tal decisão seja tomada”. O planejamento agregado é uma ferramenta de planejamento de médio ou longo prazo que é utilizado para calcular as necessidades brutas para os próximos 12 meses ou mais. Na manufatura, a meta do planejamento agregado é nivelar a demanda dos produtos da empresa com sua capacidade ou habilidade de fornecê-los a um custo mínimo (PAIVA et al., 2007).

No planejamento agregado, conceituado também de planejamento de longo prazo, os gerentes de produção fazem planos relativos ao que eles pretendem fazer, que recursos eles precisam e quais objetivos eles esperam atingir. A ênfase está mais no planejamento do que no controle, porque existe ainda pouco a ser controlado. Eles vão usar previsões de demanda provável, descritas em termos agregados (SLACK et al., 2009).

## **SEQUENCIAMENTO DA PRODUÇÃO**

O sistema de planejamento de fabricação é complexo devido as variáveis, dentre estas, pode-se evidenciar o sequenciamento da produção e nas organizações, esta atividade normalmente são realizadas pelos operadores e não unicamente pelo setor de PCP. A determinação da sequência tende à incrementar os recursos e à maximizar o prazo de entrega aos clientes (RIBEIRO et al., 2018). O sequenciamento da produção pode ser considerado como a interface do PCP responsável pelo planejamento da ordem de produção à curto prazo.

Segundo Santos et al. (2017), o sequenciamento consiste em decidir quais atividades produtivas (ou ordens/ instruções de trabalho) detalhadas devem ser realizadas, quando (momento de início ou prioridade na fila) e com quais recursos (matérias-primas, máquinas, operadores, ferramenta, entre outros) para atender a demanda, informada.

Para organizar o processamento de pedidos pode-se usar regras de sequenciamento que estabelecem um meio lógico de saber qual lote terá prioridade na fila de processamento em um recurso. Tais condicionantes são respeitadas com a intenção de atingir objetivos, como cumprimento de prazo dos clientes, redução de custos de produção entre outros (MOREIRA et al., 2017). Enfim, são inúmeras as possibilidades de condutas adotadas para se estabelecer a ordenação no sequenciamento de ordens. A escolha de qual é a regra mais apropriada para o sequenciamento da produção depende dos objetivos da fábrica

Um eficiente planejamento dos pedidos pode impedir desperdício de estoque, tempo, mão de obra entre outros, possibilitando que os esforços da empresa na produção sejam estruturados a fim de atender as suas metas. Segundo Lustosa et al. (2008), uma das formas de efetuar o sequenciamento da produção é por meio da utilização das regras de prioridade sendo as regras apresentadas no Quadro 1 as mais comuns para gerar soluções na programação da produção.

Siglas	Especificação	Definição	Propriedades
PEPS	Primeiro que entra, primeiro que sai.	Os lotes serão processados de acordo com o pedido ou chegada ao recurso.	Prioridade às ordens que chegarão antes.
MTP	Menor tempo de processamento.	Os lotes são processados de acordo com os menores tempos de processamento no recurso.	Prioridades às ordens de menor tempo, propiciando uma redução nas filas e aumento do fluxo.
MDE	Menor data de entrega.	Os lotes são processados de acordo com as menores datas de entrega.	Prioridade nas ordens mais urgentes visando reduzir atrasos.
IPI	Índice de prioridade.	Os lotes são processados de acordo com o valor de prioridade atribuído ao cliente ou ao produto.	Busca evitar a parada de um processo subsequente.
ICR	Índice crítico.	Os lotes são processados de acordo com menor valor de: data de entrega – data atual/ tempo de processamento.	Regra dinâmica que procura combinar a MDE, que considera apenas a data prometida, com a MTP, que considera apenas o tempo de processamento.

Quadro 1- Regras de sequenciamento em lote. Fonte: Adaptado de Lustosa et al. (2008, p.167).

## GRÁFICO DE GANTT

Entre os diversos procedimentos que podem ser realizados na técnica de PCP, o gráfico de Gantt em normalmente é um dos mais aplicados pela maioria das indústrias, sobretudo para estruturação de cronogramas de planejamento e supervisão dos métodos de fabricação.

De acordo com Slack et al., (2009), H. L. Gantt ao se dedicar à organização de fábricas, compreendeu a carência de uma gerência visual e instantâneo na produção, e idealizou um gráfico que conseguisse mostrar a situação atual da produção para qualquer funcionário, apresentando o planejamento através dos tempos supostos para a execução e também dos tempos reais executados. O gráfico foi estabelecido através da aplicação de barras horizontais, onde o comprimento de cada barra demonstra o tempo para realização de uma atividade estipulada de um projeto.

Para Peixoto et al., (2013), se refere a um gráfico que se fará a distribuição de trabalhos planejados com o propósito de esclarecer os procedimentos possibilitando a programação e o controle da carga de trabalho possibilitando então ajudar na exclusão de gargalos que consigam estar dificultando a entrega de uma das etapas.

### **PROBLEMA DE TRANSPORTE - MÉTODO DO CUSTO MÍNIMO**

Os passos para aplicação deste método são idênticos aos passos do Método do Canto Noroeste, porém, iniciando a escolha da célula pela àquela como mínimo custo e caminhando sempre para o “próximo” mínimo custo.

O método do canto noroeste consiste em alocar a carga a partir da primeira célula (célula noroeste), descarregando-se nela o máximo possível de carga de acordo com as necessidades da primeira coluna e as disponibilidades da primeira linha e continuando da esquerda para a direita até que toda a carga disponível no primeiro depósito tenha sido distribuída. Em seguida passamos para as linhas seguintes (...) e procedemos da mesma maneira até que toda a carga tenha sido distribuída (PASSOS, 2008, p.186).

O algoritmo de transporte consiste em um método iterativo que compreende basicamente os seguintes passos:

- Passo 01: encontrar uma solução básica inicial, para Marins (2011), a solução básica inicial é a primeira solução encontrada que atende a todas as restrições apresentadas pelo problema, levando em consideração as variáveis  $X_{ij}$  valores positivos ou nulos.

- Passo 02: verificar se a solução encontrada é ótima. Se for, pare. Caso contrário siga para o passo 3. Para Marins (2011), a vantagem de se utilizar este método é que se consegue encontrar uma solução inicial ótima com um número menor de iterações;

- Passo 03: determinar uma nova solução básica compatível e voltar ao passo 2.

“Uma linha (ou coluna) é considerada satisfeita quando a quantidade de produto disponível na origem associada já tiver se esgotado (ou o total da demanda pelo produto no destino associado tiver sido atendido)” (MARINS, 2011, p.147).

### **MÉTODO DO MÍNIMO CUSTO**

De acordo com Rodrigues et al., (2017), os passos para aplicação deste método são idênticos aos passos do Método do Canto Noroeste, porém, iniciando a escolha da célula pela àquela como mínimo custo e caminhando sempre para o “próximo” mínimo custo.

✓ Função Objetivo - é a função matemática que expressa o objetivo de minimizar os custos de transporte dos tijolos, ou seja:

$$\text{Min } Z = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n C_{ij} \cdot X_{ij}$$

- ✓ Restrições em relação a oferta:  $\sum_{j=1}^n x_{ij} = a_i$  Para  $i=1, 2, \dots, m$
- ✓ Restrições em relação a demanda:  $\sum_{i=1}^m x_{ij} = b_j$  Para  $j=1, 2, \dots, n$
- ✓ Restrições implícitas:  $x_{ij} \geq 0$

Para que o problema tenha solução, a seguinte equação de balanço deve ser verificada:

$$\sum_{j=1}^n a_i = \sum_{i=1}^m b_j$$

### MODELAGEM MATEMÁTICA

O modelo de programação inteira misto, que tem como objetivo a minimização dos custos envolvidos (falta, estoque, subcontratação, horas extras, contratação e demissão) é essencial para o encontro do melhor plano agregado de produção. Foram adotadas as seguintes índices, parâmetros e variáveis que contribuiu na formulação do modelo (RODRIGUES et al., 2017).

Índices	Descrição	Intervalo	Máximo
$i$	Tipo de produto	(1...I)	$I = I$
$r$	Recursos	(1...R)	$R = 4$
$t$	Período de fabricação	(1...T)	$T = 24$

Quadro 2- Índices da programação. Fonte: Autores, 2017.

Parâmetros	Descrição	Unidade
$CTf_i$	Custo de falta do produto $i$	\$/peça
$CTs_i$	Custo de subcontratação do produto $i$	\$/peça
$CTe_i$	Custo de estoque do produto $i$	\$/peça
$CTh_r$	Custo de hora extra do recurso $r$	\$/hora
$CTc_r$	Custo de contratação para o recurso $r$	\$/hora
$MQh_r$	Número de horas disponíveis da máquina $r$	Horas
$HD_r$	Número de horas disponíveis sem operador no recurso $r$	Horas
$t_{ir}$	Tempo de processamento	Horas
JORN	Horas de jornada de um operador contratado	Horas
$D_{it}$	Demanda do produto $i$ no período $t$	Peças
$b_{ir}$	Parâmetro binário: 1 se o produto $i$ pode ser feito sem operador em $r$ ; 0, caso contrário	Número puro

Quadro 3- Parâmetros do modelo. Fonte: Autores, 2017.



Variáveis	Descrição	Unidade
$QT_{f_{it}}$	Quantidade em falta do produto $i$ no período $t$	Peças
$QT_{e_{it}}$	Quantidade em estoque do produto $i$ no período $t$	Peças
$QT_{s_{it}}$	Quantidade subcontratada do produto $i$ no período $t$	Peças
$QT_{irt}$	Quantidade produzida do produto $i$ no recurso $r$ no período $t$	Peças
$Hc_{rt}$	Horas contratadas no recurso $r$ no período $t$	Horas
$He_{rt}$	Horas extras no recurso $r$ no período $t$	Horas
$Hn_{rt}$	Horas normais disponíveis no recurso $r$ no período $t$	Horas
$Htr_{rt}$	Horas trabalhando sem operador no recurso $r$ no período $t$	Horas

Quadro 4- Variáveis de decisão. Fonte: Autores, 2017.

Função Objetiva:

Minimizar:

$$Cu = \sum_{i=1}^I \sum_{t=1}^T (CT_{f_i} \cdot QT_{f_{it}} + CT_{e_i} \cdot QT_{e_{it}} + CT_{s_i} \cdot QT_{s_{it}}) + \sum_{r=1}^R \sum_{t=1}^T (CT_{h_r} \cdot He_{rt} + CT_{c_r} \cdot Hc_{rt})$$

Sujeito a:

$$\sum_{i=1}^I t_{ir} \cdot QT_{irt} \leq Hn_{rt} + He_{rt} + Htr_{rt}$$

$$r \in \{1 \dots R\}, t \in \{1 \dots T\}$$

$$\sum_{i=1}^I t_{ir} \cdot QT_{irt} \cdot (1 - b_{ir}) \leq Hn_{rt} + He_{rt}$$

$$r \in \{1 \dots R\}, t \in \{1 \dots T\}$$

Assim:

$$Hn_{rt} = Hn_{r,(t-1)} + JORN \cdot Hc_{rt}$$

$$r \in \{1 \dots R\}, t \in \{1 \dots T\}$$

$$Hn_{rt} \leq MQ_{h_r}, r \in \{1 \dots R\}, t \in \{1 \dots T\}$$

$$He_{rt} \leq CTh_r \cdot Hn_{rt}, r \in \{1 \dots R\}, t \in \{1 \dots T\}$$

$$Htr_{rt} \leq HD_r, r \in \{1 \dots R\}, t \in \{1 \dots T\}$$

Portanto:

$$QT_{e_{it}} - QT_{f_{it}} = QT_{e_{i,(t-1)}} - QT_{f_{i,(t-1)}} + \sum_{r=1}^R QT_{irt} + QT_{s_{it}} - D_{it};$$

$$i \in \{1 \dots I\}, t \in \{1 \dots T\}$$

$$QT_{f_{i,0}} = QT_{e_{i,0}} = 0, i \in \{1 \dots I\};$$

$$Hn_{r,0} = 0, r \in \{1 \dots R\};$$

Então:

$$He_{rt}, Hn_{rt}, Htr_{rt} \in \mathbb{R}^+;$$

$$QTf_{it}, QTe_{it}, QTs_{it}, Hc_{rt}, QT_{irt} \in \mathbb{Z}^+;$$
$$i \in \{1 \dots I\}, r \in \{1 \dots R\}, t \in \{1 \dots T\}.$$

## METODOLOGIA

Essa pesquisa é de caráter quali-quantitativo, uma vez que suas conclusões e observações serão baseadas em resultados de expressões matemáticas desenvolvidas para testar e avaliar os modelos que serão propostos neste trabalho (GIL, 2009). A coleta de dados referente ao processo de produção da empresa foi feita com o pesquisador fazendo parte da equipe de programação e controle de produção, ao qual o mesmo teve acesso às atividades diárias de registro da produção, podendo observar de perto as características do processo produtivo em estudo. O *software* selecionado para a realização dos cálculos relacionado ao PAP foi o Microsoft Excel 2013.

Com isso, foi possível a elaboração da pesquisa e a sugestão de proposta de melhoria, que além de ajudar na gestão da logística de transporte da empresa analisada, pôde também beneficiar quanto aos métodos de sequenciar a fabricação dos tijolos com o devido planejamento da produção. Então aplicou-se o gráfico de Gantt de forma agregada ao processo de fabricação dos tijolos pela empresa, e com o auxílio dos cálculos de custo de transporte para os centros consumidores, utilizando o método de mínimo do custo, obteve-se uma outra análise do gráfico de Gantt, que influenciou diretamente no planejamento agregado da produção. Sendo possível determinar o sequenciamento mais adequado para cada cerâmica.

A seguir, na tabela 1, tem-se as distâncias em quilômetros entre as cerâmicas e as cidades que demandam dos produtos. A ferramenta utilizada para extrair essas informações foi o *Google Maps* (Disponível em: <https://www.google.com.br/maps>), que serviram de parâmetros para os cálculos dos custos de transporte.

Tabela 1. Distâncias entre as cerâmicas e os centros consumidores

Da Região Produtora	Unidade	Para o Mercado Consumidor			
		Parauapebas	Marabá	Tucuruí	Paragominas
Nova Ipixuna	Km	216	61	214	404
Novo Repartimento	Km	535	380,8	272,5	467,1

Fonte - Autores, 2017.

## RESULTADOS

### A EMPRESA

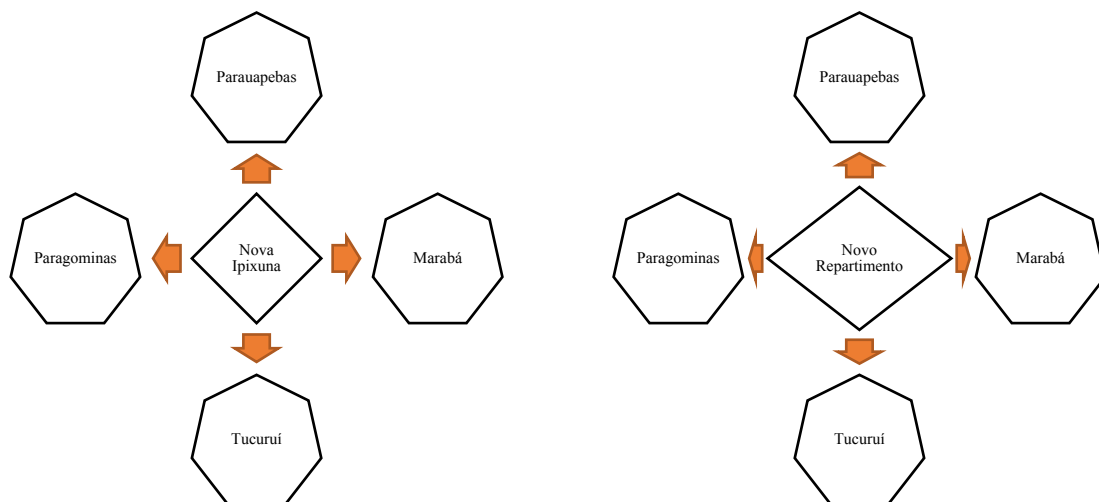
A Indústria Cerâmica X é uma empresa que pertence à categoria das empresas do ramo da construção civil, pois produz e comercializa tijolos e revestimentos cerâmicos. Foi fundada em no dia 04 de setembro de 1996, no município de Nova Ipixuna no estado do Pará. Sua produção é de 220.000 tijolos inicialmente para cada trimestral.

A Indústria Cerâmica X permanece em funcionamento durante as 12 horas diárias, possui por volta de 20 funcionários diretos trabalhando em 02 turnos contínuos, além de cerca de 04 representantes e agentes comerciais no mercado interno.

### O ESTUDO DE CASO

As cerâmicas defrontavam de problemas de alocação dos produtos, pois possui a sede localizada no município de Nova Ipixuna e a filial no município de Novo Repartimento, ambas no sudeste do Pará. Para este estudo de caso, serão utilizadas as quatro principais rotas de distribuição da empresa, dessa forma, serão analisadas o modo de sequenciamento em lotes da empresa assim como as rotas da empresa para as cidades de Parauapebas (PA), Marabá (PA), Tucuruí (PA) e Paragominas (PA) como pode ser visto no diagrama da figura 01.

Figura 01. Diagrama de rede das cerâmicas



Fonte - Autores, 2017.

Para cada rota de distribuição foi estabelecida uma sigla  $X_{ij}$  onde  $i$  são as origens dos tijolos e  $j$  são os destinos demandados ficando da seguinte forma:  $X_{11}$ ,  $X_{12}$ ,  $X_{13}$  e  $X_{14}$  representando as rotas de Nova Ipixuna para Parauapebas, Marabá, Tucuruí e Paragominas respectivamente; e

X<sub>21</sub>, X<sub>22</sub>, X<sub>23</sub> e X<sub>24</sub> representando as rotas de Novo Repartimento para Parauapebas, Marabá, Tucuruí e Paragominas.

### PROPOSTA DA PESQUISA

O principal objetivo foi elaborar o melhor plano de produção que dê condições a empresa a atender eficientemente sua demanda, nos prazos exigidos por seus clientes, utilizando o máximo de seus recursos disponíveis. Para este trabalho foi selecionado o tijolo que é o material de maior demanda do negócio, pois representam aproximadamente sessenta por cento (60%) das vendas da empresa.

### PLANEJAMENTO AGREGADO DE PRODUÇÃO

O planejamento agregado de produção (PAP) foi utilizado para calcular as necessidades brutas para os meses previstos, em cima de um histórico de oito trimestres, basicamente relacionando mão-de-obra e materiais. Dessa forma, o planejamento agregado teve como visão um paradigma bastante geral, relacionada à necessidade ampla do produto. O foco principal consiste em analisar a combinação da taxa de produção com o nível de mão-de-obra e dos estoques disponíveis para minimizar os custos e assim atingir a demanda.

A estratégia utilizada para desenvolvimento do planejamento agregado teve uma de mão-de-obra constante, sem o uso de horas extras. Este fato deve-se em função que a capacidade de produção ser maior que a demanda. Os dados utilizados para a estratégia escolhida, conforme mostra na tabela 2.

Tabela 2. Histórico trimestral da indústria de cerâmica

Planejamento Agregado da Produção com dados de oito trimestre									
Período	1º trim.	2º trim.	3º trim.	4º trim.	5º trim.	6º trim.	7º trim.	8º trim.	Total
Demanda	231583	206597	207496	224674	241840	209851	177013	247076	1.746.130
Estoque Inicial	20000								
Custos	Produtivos		R\$ 0,30						P/ unid.
	Turno Normal		R\$ 1,00						P/ unid.
	Turno Extra		R\$ 1,00						P/ unid.
	Subcontratação		R\$ 1,30						P/ unid.
	De Estocagem		R\$ 2,00						P/ unid. por trimestre
	De atraso na entrega		R\$ 6,00						P/ unid. Por trimestre

Fonte - Autor, 2017.

Os dados levantados na tabela 2, contribuiu para uma base sólida para a elaboração do planejamento agregado e para uma estratégia definida. Neste planejamento, pode-se visualizar se a capacidade de produção trimestral da empresa atende à demanda. Caso não atenda, deve-

se fazer ajustes a fim de encontrar o melhor arranjo produtivo, aliado ao menor custo. Este planejamento inicial é apresentado na tabela 3.

Tabela 3. Cálculo do planejamento agregado de produção trimestral no empreendimento

Planejamento Agregado da Produção com dados de oito trimestre da empresa									
Período	1º trim.	2º trim.	3º trim.	4º trim.	5º trim.	6º trim.	7º trim.	8º trim.	Total
Demanda	231583	206597	207496	224674	241840	209851	177013	247076	1.746.130
Produção Normal	220000	220000	220000	220000	220000	220000	220000	220000	1.760.000
Saldo Estoques	-11583	13403	12504	-4674	-21840	10149	42987	-27076	13.870
E Inicial	20000	8417	21820	34324	29650	7810	17959	60946	200.926
E Final	8417	21820	34324	29650	7810	17959	60946	33870	214.796
E Médio	14208,5	15118,5	28072	31987	18730	12884,5	39452,5	47408	207.861
Subcontratação	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Atrasos	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Custo Produção Normal R\$									
Produção Normal R\$	66.000	66.000	66.000	66.000	66.000	66.000	66.000	66.000	528.000
Estoque R\$	28.417	30.237	56.144	63.974	37.460	25.769	78.905	94.816	415.722
Subcontratação	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -
Atrasos	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -
Total R\$	94.417	96.237	122.144	129.974	103.460	91.769	144.905	160.816	943.722

Fonte - Autor, 2017.

Analisando os dados obtidos na tabela 3, observa-se que o arranjo do planejamento agregado atendeu a demanda em todos os trimestres, porém esse arranjo trouxe um aumento dos custos globais, pois houve custos de estocagem, resultando em R\$ 943.722,00, logo a solução é a utilização da modelagem matemática para que o planejamento esteja atrelado a redução dos custos, e para isso fez-se o estudo do sequenciamento da produção juntamente com as melhores alocações de mercadorias, conforme dados dos cálculos da minimização de custo de transporte.

#### CÁLCULO DOS CUSTOS DE TRANSPORTE

De acordo com dados da Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP), no período de 01/10/2017 a 31/10/2017, a média de preço do litro de diesel ficou em R\$ 3,98. A empresa utiliza o veículo da marca Volkswagen, e seu consumo médio é de 3,3 km/l, os devidos cálculos estão na tabela a seguir. O referido veículo possui a capacidade de carregar um bloco de rocha de aproximadamente 13 m<sup>3</sup> por viagem. As fábricas possuem diferentes capacidades, assim como pode ser obtido através dos dados dos custos de transporte entre as regiões de produção para as de demanda da tabela 4.

Tabela 4. Cálculo do custo de transporte dos tijolos para as devidas cidades para cada caminhão

Da Região Produtora	Tijolos Ofertados	Unidade	Para o Mercado Consumidor			
			Parauapebas	Marabá	Tucuruí	Paragominas
Nova Ipixuna	110000	R\$	522	148	516	974
Novo Repartimento	110000	R\$	1290	918	658	1126

Fonte - Autores, 2017.

O veículo que transporta os tijolos as cidades consumidoras possui a capacidade de carregar um milheiro de tijolos por viagem. Considerando que é possível embarcar de qualquer uma das origens – Nova Ipixuna ou Novo Repartimento, para qualquer um dos destinos dos tijolos, que o número total de unidades a ser transportadas, a partir da origem  $i$  deve ser igual à oferta  $a_i$  da origem; e que o número de unidades transportadas para o destino  $j$  deve ser igual à sua demanda  $b_j$  em capacidade, temos:

O r i g e n s	j					Oferta $a_i$
		Parauapebas	Marabá	Tucuruí	Paragominas	
Nova Ipixuna		35000	75000	0	0	110000
Novo Repartimento		15000	0	55000	40000	110000
Demanda $b_j$		50000	75000	55000	40000	

Quadro 5 - Tabela do cálculo utilizando o método do custo mínimo. Fonte: Autores, 2017.

Com a utilização do Método do Custo Mínimo a distribuição dos tijolos ficou estabelecida da seguinte maneira: a matriz em Nova Ipixuna deverá enviar 35000 tijolos para Parauapebas e 75000 tijolos para Marabá utilizando toda a sua oferta disponibilizada. A filial de Novo Repartimento deverá enviar 15000 tijolos para Parauapebas, 55000 tijolos para Tucuruí e 40000 tijolos para Paragominas, esgotando toda a sua oferta disponível.

### SEQUENCIAMENTO EM LOTE DE PRODUÇÃO

O processo de fabricação dos tijolos na cerâmica estudada divide-se em duas etapas, a primeira consiste na extração da argila no barreiro, e posteriormente há o processo de apodrecimento, logo em seguida a matéria prima é transportada continuamente através de uma esteira para a trituração e assim para a homogeneização no amassador, esses processos foram considerados como a “Máquinas A” da análise do sequenciamento da produção. Já na segunda etapa a matéria prima passa pela prensa e depois pelo processo de secagem artificial onde haverá a queima nos fornos, na análise do sequenciamento da produção esses processos

consistem na “Máquina B”. Adiante tem-se os tempos de ordens de fabricação (OF) para cada máquina.

Com a utilização da técnica de custo mínimo, evidenciou que as produções de tijolos devem ser distribuída entre as duas cerâmicas, isso mostrado através do quadro 5, e para uma redução no tempo de espera e *lead time* é necessário uma nova análise do gráfico de Gantt de será feita a seguir, mostrando uma contribuição na aplicação das variadas regras de sequenciamento reduzindo os riscos de erros da produção em lote. A seguir tem-se a tabela 5 que mostra as ordens de pedidos para a cerâmica de Nova Ipixuna, onde a oferta deve atender a cidade de Marabá completamente e metade da demanda de Parauapebas.

Tabela 5. Ordens de pedidos e tempos de processos das máquinas A e B para a cerâmica de Nova Ipixuna

Ordens de pedidos e tempo de processamento em dias dos Tijolos - Nova Ipixuna							
Ordens de Fabricação	Máq. A (Dias)	Máq. B (Dias)	Tempo de Processamento (Dias)	Entrega em Dias	Prioridades	Data Atual	ICR –Temp. de Proces. (Dias)
OF1	1	2	3	4	2	3	1,3
OF4	2	5	7	10	1	7	1,4

Fonte - Autores, 2017.

A seguir tem-se a tabela 6 que mostra as ordens de pedidos para a cerâmica de Novo Repartimento, onde a oferta deve atender a cidade de Paragominas e Tucuruí completamente e metade da demanda de Parauapebas, uma divisão do lead time trazendo uma efetividade de entregas para as demandas.

Tabela 6. Ordens de pedidos e tempos de processos das máquinas A e B para a cerâmica de Novo Repartimento

Ordens de pedidos e tempo de processamento em dias dos Tijolos - Novo Repartimento							
Ordens de Fabricação	Máq. A (Dias)	Máq. B (Dias)	Tempo de Processamento (Dias)	Entrega em Dias	Prioridades	Data Atual	ICR –Temp. de Proces. (Dias)
OF1	1	1	2	4	3	2	2,0
OF2	1	2	3	6	1	3	2,0
OF3	2	2	4	4	2	4	1,0

Fonte: Autores, 2017.

O gráfico 1 de Gantt traz uma relação entre as duas cerâmicas analisada de forma separadamente para o sequenciamento da produção, mostrando uma redução do lead time para 8 dias e 6 dias e um tempo de espera de zero para as cerâmicas de Nova Ipixuna e Novo Repartimento respectivamente, e ainda mostrando uma adequação de variadas técnicas para o empreendimento.

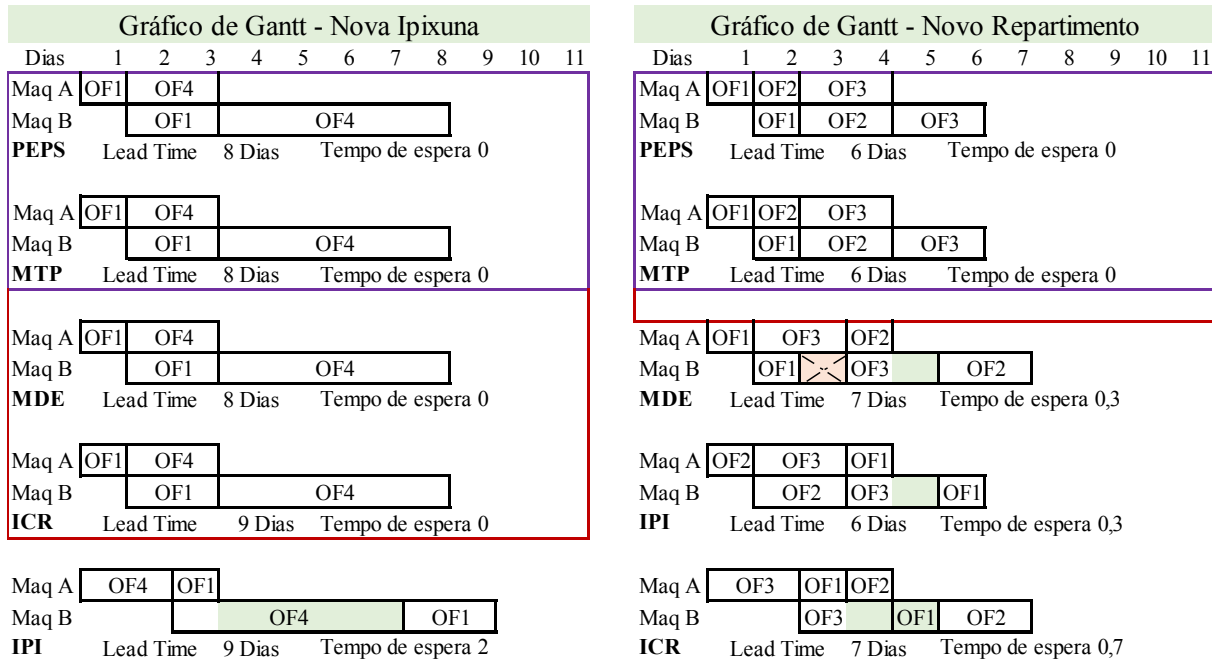


Gráfico 01: Sequenciamento da produção com o auxílio do gráfico de Gantt para as diferentes cerâmicas. Fonte: Autores, 2017.

Então, o estudo do sequenciamento da produção deve ser feita de forma separada para que o transporte dos tijolos esteja em conformidade ao quadro 5, logo houve uma redução do *lead time* para 6 e 8 dias para a cerâmica de Novo Repartimento e Nova Ipixuna respectivamente, e um tempo zero de espera para as máquinas para mais de uma regras de sequenciamento.

### O PAP COM OS NOVOS DADOS ENCONTRADO COM UTILIZAÇÃO DA MINIMIZAÇÃO DE CUSTOS COM A PROGRAMAÇÃO LINEAR

O planejamento agregado de produção utilizado para calcular as necessidades brutas para dos oito trimestre de agosto 2015 a julho de 2017, mostrou um total de custos de R\$ 943.722,00 para a fabricação dos tijolas. Dessa forma, o planejamento agregado teve como parâmetro a disponibilidade dos dados, como pode-se ver na tabela 2.

Logo, com a utilização da programação linear com uma função objetiva de minimização para os 24 meses previstos, mostrou uma redução de R\$ 200.357,00 dos custos totais em relação ao PAP dos dados históricos de agosto de 2015 a julho de 2017. O PAP dos dados encontrados com a modelagem matemática, está na tabela 7.



Tabela 07. Cálculo do planejamento agregado de produção para os 24 meses previsto

Planejamento Agregado da Produção Previsto com o PMP									
Período	1º trim.	2º trim.	3º trim.	4º trim.	5º trim.	6º trim.	7º trim.	8º trim.	Total
Demanda	240300	205000	213500	218000	218000	218000	218000	218000	1.748.800
Produção com PMP	220000	220000	220000	220000	220000	220000	220000	220000	1.760.000
Saldo Estoques	-20300	15000	6500	2000	2000	2000	2000	2000	11200
E Inicial	20000	-300	14400	20900	22900	24900	26900	28900	158600
E Final	-300	14400	20900	22900	24900	26900	28900	30900	169500
E Médio	9850	7050	17650	21900	23900	25900	27900	29900	164050
Subcontratação	300	0	0	0	0	0	0	0	300
Atrasos	300	0	0	0	0	0	0	0	300
Custo Produção Normal R\$									
Produção Normal R\$	66.000	66.000	66.000	66.000	66.000	66.000	66.000	66.000	528.000
Estoque R\$	12.805	9.165	22.945	28.470	31.070	33.670	36.270	38.870	213.265
Subcontratação	300	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	300
Atrasos R\$	1.800	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	1800
Total R\$	80.905	75.165	88.945	94.470	97.070	99.670	102.270	104.870	743.365

Fonte - Autor, 2017.

A empresa não tinha nenhum método pré-estabelecido para o planejamento de produção. O setor de PCP elaborava diariamente a programação da produção considerando as necessidades de reposição dos níveis de estoque, e a falta de alguns produtos para completar os pedidos de venda. Logo com o melhor *lead time*, curto atendimento, encontrado através do gráfico de *Gantt*, contribuiu no manuseio das pressões do mercado consumidor. Dessa forma, pode-se atender o mercado a partir do seu estoque de produto acabado em menor tempo, e ainda com a programação linear os custos foram reduzidos em 21,30%.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante do exposto, consideramos que por se tratar de uma empresa com uso característico de produção em milheiros, e da existência da sede e sua filial serem em cidades distintas, a aplicação do estudo de sequenciamento em lotes de produção para determinação da capacidade produtiva bem como o cálculo dos custos de transporte entre os locais de produção e os centros consumidores, possuiu uma eficiência nos resultados. Constatando a necessidade da distribuição da produção de tijolos entre a sede e sua filial, de modo a reduzir os custos com transporte, aumentando sua capacidade produtiva e reduzindo o tempo de entrega do produto.

A programação linear os custos foram reduzidos em 21,30%. O planejamento agregado de produção utilizado para calcular as necessidades brutas para dos oito trimestre de agosto 2015 a julho de 2017, mostrou um total de custos de R\$ 943.722,00 para a fabricação dos tijolas,

enquanto que com a utilização da programação linear com uma função objetiva de minimização para os 24 meses previstos, mostrou uma redução de R\$ 200.357,00 dos custos totais em relação ao PAP dos dados históricos.

Deste modo, as informações obtidas durante a pesquisa foram de suma importância para que os gestores possam interferir nesse processo de forma a aperfeiçoá-lo a alcançar resultados mais satisfatórios, tanto no que se refere a quantidade produtiva como na qualidade e efetividade da entrega, as regras apresentadas mostraram um aumento no tempo médio de espera e no *lead time* em relação ao valor obtido com a regra PEPS de forma geral para o sequenciamento utilizado pela empresa. Com a aplicação das outras regras de sequenciamentos feitos de forma agregado, mostrou que a MTP foi a de mais valia com um menor tempo de espera e *lead time*.

Então, o PCP da empresa objeto de estudo, buscou-se organizar um plano de produção, onde atenda a demanda flutuante na maioria dos períodos, logo o objetivo que fosse capaz de auxiliar nas decisões vinculadas a capacidade, tornou-se eficiente com o foco na produção de: quanto e quando contratar, antecipar (estocar) e/ou subcontratar. E assim o presente artigo propôs um plano agregado de produção atrelado a um planejamento de capacidade no setor cerâmico analisado.

## REFERÊNCIAS

ARAÚJO, Fernando, Aline Andrade Lima, and Mateus de Assis Chacon Lima. "Otimização de rota e redução dos custos logísticos: estudo de caso em uma empresa de contabilidade/Route optimization and reduction of logistics costs: case study in an accounting firm." **Brazilian Journal of Development** 4.1 (2018): 136-144.

de PAIVA, Rafael Piatti Oititica, and Reinaldo Morabito. "Um modelo de otimização para o planejamento agregado da produção em usinas de açúcar e álcool." *Gest. Prod.*, São Carlos 14.1 (2007): 25-41.

FERNANDES, F.C.F.; GODINHO FILHO, M. **Planejamento e Controle da Produção: dos fundamentos ao essencial**. 1ª ed. São Paulo: Atlas, 2010.

GIL, Antônio Carlos. Métodos e técnicas de pesquisa social. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2008. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2009.

GOMES, Mairi Catiane, et al. "Planejamento Estratégico na Logística: Etapas e Estratégias para a Implementação." **SBIJOURNAL** 67 (2017).

LEITE, Lucas Fernando Moraes. Reduzindo o custo de transporte no setor agroindustrial através de um evento de sourcing e a utilização de programação linear. BS thesis. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2017.

LUSTOSA, L.; MESQUITA, M.; QUELHAS, O.; OLIVEIRA, R. **Planejamento e Controle da Produção**. 1ª ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2008.

MARINS, Fernando Augusto Silva. **Introdução à Pesquisa Operacional**. Editora Cultura Acadêmica, 2011.

MARZALL, Luciana Figuera; DOS SANTOS, Lucas Almeida; GODOY, Leoni Pentiado. Inovação no projeto de produto como fator para redução de custos logísticos e de produção. **Revista Produção Online**, Florianópolis, v. 16, n. 1, p. 342-365, mar. 2016. ISSN 16761901. Disponível em: <<https://www.producaoonline.org.br/rpo/article/view/2168/1388>>. Acesso em: 22 ago. 2018. doi: <https://doi.org/10.14488/1676-1901.v16i1.2168>.

MOREIRA, José Mauro Magalhães Ávila Paz, Flavio José Simioni, and Lorena Figueira de Santana. "Impacto do Custo de Transporte no Risco da Rentabilidade Florestal na Região de Itapeva-SP." **Revista Paranaense de Desenvolvimento-RPD** 38.132 (2017): 77-89.

NEGRÃO, Léony Luis Lopes et al. Teoria de opções reais: avaliação econômico-financeira de projetos na indústria cerâmica. **Revista Produção Online**, Florianópolis, v. 15, n. 3, p. 1049-1079, set. 2015. ISSN 16761901. Disponível em: <<https://www.producaoonline.org.br/rpo/article/view/1948/1322>>. Acesso em: 22 ago. 2018. doi: <https://doi.org/10.14488/1676-1901.v15i3.1948>.

PASSOS, Eduardo José Pedreira Franco dos. **Programação Linear: Como Instrumento da Pesquisa Operacional**. São Paulo: Atlas, 2008. 452 p. (1).

PEIXOTO, Maria Gabriela Mendonça et al. Estratégia de produção de empresas de um arranjo produtivo local: aplicação de modelo de áreas de decisão. **Revista Produção Online**, Florianópolis, v. 13, n. 4, p. 1517-1542, nov. 2013. ISSN 16761901. Disponível em: <<https://www.producaoonline.org.br/rpo/article/view/1496/1092>>. Acesso em: 22 ago. 2018. doi: <https://doi.org/10.14488/1676-1901.v13i4.1496>.

RIBEIRO, Sarah Nascimento, et al. "Aplicação da ferramenta pert/cpm para análise do tempo de produção de sucos em um restaurante no município de marabá- pa." **BJPE- Brazilian Journal of Production Engineering**, (2018): 84-97.

RODRIGUES, Lucas Lopes Filholino, et al. "A viabilidade de aplicação da pesquisa operacional para a solução de problemas complexos de transporte." **INOVAE-Journal of Engineering, Architecture and Technology Innovation** (ISSN 2357-7797) 4.2 (2017): 54-68.

SANTOS, Tiago Silva dos et al. Os diferentes pontos de origem e destino podem influenciar no sequenciamento da produção: um estudo de caso em uma olaria no sudeste. **Revista Latino-Americana de Inovação e Engenharia de Produção**, [S.l.], v. 5, n. 8, p. 203-220, dez. 2017. ISSN 2317-6792. Disponível em: <<https://revistas.ufpr.br/relainep/article/view/56943/34441>>. Acesso em: 22 ago. 2018. doi: <http://dx.doi.org/10.5380/relainep.v5i8.56943>.

SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOHNSTON, Robert. **Administração da Produção**. São Paulo: Editora Atlas 3ª. Edição 2009.

TUBINO, D. F. **Planejamento e controle da produção- Teoria e Prática**. São Paulo: 2ª. ed. Atlas, 2009.