

Planejamento Agregado da Produção: Revisão Bibliográfica

Denislaine Regina Cordeiro, UNESPAR/Campus de Campo Mourão

denislaine.rc@gmail.com

Diullya Carolina Cordeiro, UTFPR/Campus de Campo Mourão

diullya.carolina@gmail.com

Rony Peterson da Rocha, EPA, UNESPAR/Campus de Campo Mourão

ronypeterson_eng@hotmail.com

Márcia de Fátima Moraes, EPA, UNESPAR/Campus de Campo Mourão

marciamorais.engenharia@gmail.com

Resumo: Atualmente muitas empresas estão imersas em um ambiente empresarial altamente competitivo, e tem levado às empresas a buscar por melhor coordenação da alocação dos seus recursos produtivos. O Planejamento e Controle da Produção (PCP) dispõem de varias atividades, uma dessas é conhecida por Planejamento Agregado de Produção (PAP), que resulta em um plano com informações sobre a quantidade e o momento para a realização da produção, utilizando dados e recursos da organização, tais como: capacidade de produção, quadro de pessoal, níveis de estoque, as horas extras, os índices de subcontratações e outros dados. O objetivo desse estudo é de apresentar uma revisão bibliográfica dos trabalhos publicados no Brasil sobre PAP em Pequenas, Médias e Grandes Empresas (PMGe), bem como, o tipo de sistema de produção (SP) e setor de aplicação, os softwares/linguagens/solvers, modelos e/ou métodos e estratégias empregados. O estudo foi desenvolvido na base de dados de Encontros, Simposios e Congressos referentes ao curso de Engenharia de Produção no âmbito nacional, entre 2004 a 2015. Observa-se que o PAP desenvolve soluções ótimas para os problemas de produção, por meios de planos da produção.

Palavras-chave: Modelos Matemáticos; Plano de Produção; PMGe.

1. Introdução

O mercado altamente competitivo tem levado as organizações a buscar melhores índices de qualidade e produtividade nos seus processos de produção. A área de Planejamento e Controle da Produção (PCP) tem grande destaque nesse contexto, pois busca constantemente melhorias contínuas da produtividade, além de coordenar e aplicar recursos produtivos de modo a apoiar as atividades entre os níveis estratégico e operacional dessas empresas.

Segundo Lustosa *et al.* (2008), o PCP desempenha três funções importantíssimas para a sobrevivência da empresa: Planejamento; Programação e o Controle da Produção. O PCP é considerado perante as organizações um departamento de apoio, onde coordena e aplica os recursos produtivos de forma a atender da melhor maneira possível os níveis estratégicos, tático e operacional (TUBINO, 2009).

O PCP dispõe de uma série de atividades, tais atividades desenvolvem-se em três níveis hierárquicos, conhecidos segundo Tubino (2009) por Nível Estratégico, Tático e Operacional. No nível estratégico são definidas políticas estratégicas de longo prazo da empresa, e gera-se o plano de produção a partir da formulação do planejamento estratégico da produção. No nível tático é estabelecido os planos de médio prazo para a produção, onde através do Planejamento-mestre da Produção, obtém-se o Plano-mestre de Produção (PMP). No nível operacional são preparados os programas de curto prazo de produção, nesse nível são gerenciados os estoques, as ordens de produção são sequenciadas, as ordens de compras são emitidas e liberadas, assim como são executados o acompanhamento e o controle.

Neste trabalho, o propósito é investigar uma atividade de PCP conhecida na literatura específica como Planejamento Agregado da Produção (PAP). O PAP é um plano de produção que busca definir estratégias de produção e dimensionar recursos (como a mão-de-obra pouca especializada, contrato de fornecimento e materiais básicos) em um horizonte de planejamento entre seis a dezoito meses. Os objetivos desse plano segundo Lustosa e Nanci (2008), são representados normalmente por restrições ou metas (maximização do lucro ou minimização do custo).

Deste modo, o objetivo desse estudo é de apresentar uma revisão bibliográfica dos trabalhos publicados no Brasil sobre PAP. No presente estudo realizou-se um levantamento e estratificação do emprego do PAP em Pequenas Empresas (PE), Médias Empresas (ME) e Grandes Empresas (GE), bem como, o tipo de Sistema de Produção (SP) e Setor de Aplicação, os *softwares/linguagens/solvers*, modelos e/ou métodos e estratégias empregados.

O presente artigo está estruturado em cinco seções. Na primeira seção apresentou-se os objetivos e uma visão simplificada do que é o PAP. Na segunda seção é apresentada uma fundamentação teórica sobre o assunto. Na terceira seção é descrita a metodologia. Na quarta seção encontram-se os resultados e discussões do assunto abordado e, por fim, na quinta seção encontra-se a conclusão do estudo e as referências bibliográficas.

2. Fundamentação teórica

2.1 Planejamento Agregado de Produção (PAP)

O Planejamento Agregado de Produção (PAP) é a proposta de um plano de produção que se desenvolve em um horizonte de planejamento entre seis a dezoito meses. Nesse horizonte são definidas as estratégias de produção, bem como, a quantidade e o momento para a realização da produção, níveis de estoques, quadro de pessoal, índices de subcontractações, horas extras e entre outras informações.

Conforme Fernandes e Godinho Filho (2010), no Planejamento Agregado (PA) diferentes produtos são agrupados em famílias (produtos que usam uma mesma unidade de medida, como tempo, volume de produção ou dinheiro). O PA basicamente busca alcançar um plano de produção para essas famílias de produtos, que de acordo com Davis, Aquilano e Chase (2001) consiste na combinação da taxa de produção, do nível da mão de obra e dos estoques disponíveis de modo que minimize os custos e atinja a demanda prevista.

Na elaboração do plano agregado de produção é necessário levar em considerações alternativas que influenciam a Demanda e a Produção. Para Moreira (2000), as alternativas relacionadas com a demanda são: Propaganda; Promoções e preços diferenciados; Reservas ou demoras na liberação dos produtos ou serviços; e Desenvolvimento de produtos

complementares. As alternativas da produção são: Contratação/demissão, Horas extras ou redução da jornada de trabalho; Estocagem; e Subcontratação.

A prática dessas alternativas levam a diferentes custos na modelagem do PAP que de acordo com Lustosa *et al.* (2008) os principais são: custos das horas normais de trabalho e custos da hora extras; custo de contratação e demissão; custo de mão-de-obra terceirizada ou temporária; e custos de manutenção do estoque.

Uma das formas para solucionar os custos de produção e resolver os problemas presentes em PAP é por meio de estratégias e métodos matemáticos. No quadro 1 é descrita por Fernandes e Godinho Filho (2010) e Tubino (2000) algumas alternativas que podem ser escolhidas para a construção do PAP.

ESTRATEGIA	TIPO DE ESTRATEGIA	DESCRIÇÃO DA ESTRATEGIA
A	Acompanhamento da Demanda	Não há formação de estoque, produz a quantidade demandada. Os principais métodos utilizados: Contratação, demissões, horas extras, banco de dados...
B	Força de trabalho constante permitindo Faltas	Força de trabalho constante, estoques armazenados e utilizados em períodos nos quais a demanda é maior que a capacidade produtiva. Faltas (representadas por estoques negativos) são permitidas.
C	Força de trabalho constante não permitindo faltas	A estratégia é bastante parecida com a anterior, à diferença é que faltas não são permitidas.
D	Força de trabalho constante utilizando horas extras	Utilizam-se um numero constante de trabalhadores ao longo dos períodos e quando essa produção irregular não é suficiente utilizam-se horas extras.
E	Força de trabalho constante utilizando Subcontratação	É bastante semelhante com a estratégia anterior, a diferença que ao invés de utilizar horas extras é utilizado a subcontratação.
F	Redução Constante	Em um determinado tempo é produzido e estocado, em seguida é consumido os estoques previstos e novamente volta-se recompor o estoque.
G	Produção em Patamares	Varição da taxa de produção em patamares, permitindo certo ritmo de produção e reduzindo os níveis de estoque.

QUADRO 1 - Tipos de estratégias (Continua...). Fonte: Adaptado de Fernandes e Filho (2010) e Tubino (2000).

ESTRATEGIA	TIPO DE ESTRATEGIA	DESCRIÇÃO DA ESTRATEGIA
H	Estratégia Mista	É o mais utilizado na prática. Ela consiste na combinação inteligente das estratégias puras. Atuando em ambas: na oferta de recursos (Admissão/demissão, horas-extras, subcontratação e estoques), e demanda (Preço de venda, Promoção, atraso na entrega). Aproveitando suas vantagens e descartando desvantagens intrínsecas e resultando no melhor custo.

QUADRO 1 - Tipos de estratégias (fim). Fonte: Adaptado de Fernandes e Filho (2010) e Tubino (2000).

Como visto no quadro 1 existem formas simples para se minimizar os custos de produção e resolver os problemas de PAP. Uma solução é a combinação de alternativas de produção, a outra são os modelos matemáticos que segundo Moreira (2000), podem ser aqueles que assumem ou não a variação linear dos custos, ou aqueles que levam ou não à solução ótima. Por “solução ótima” entende-se aquela que leva efetivamente ao custo total de produção mínimo, diante das alternativas de produção disponíveis.

Segundo Fernandes e Godinho Filho (2010), existem dois conjuntos de métodos para realizar o planejamento agregado:

a) Métodos de Planilha (MP): Método simples que não utiliza ferramentas matemáticas, exceto a aritmética elementar para cálculo e comparação de custo. Fornece uma solução heurística (isto é, rápida e geralmente não ótima) para o problema. A geração de composição de alternativas de produção pode ser feita com o auxílio de tabelas ou gráficos.

b) Método Avançado (MA): Método que permite considerar os custos de contratação e demissão de pessoal e, além disso, permite a montagem de modelos diferenciados, conforme o objetivo e as restrições envolvidas. Busca gerar uma solução ótima para o problema utilizando a pesquisa operacional.

No Método Avançado (MA), é utilizada a programação matemática. Essa programação é subdividida em programação linear (PL); programação linear inteira mista (PLIM) e programação não linear inteira mista (PNLIM).

Prado (2003) define a PL como uma técnica de otimização, baseada em matemática e economia. Na visão de Laesch e Hein (2009) a PL procura maximizar ou minimizar problemas de um determinado objeto.

A Programação Linear Inteira (PLI) segundo Caixeta-Filho (2004), é como uma variação da PL. Este tipo de programação é apropriado tanto para problemas de Programação Linear Mista (PLM) (que são aquelas de estrutura linear com características inteiras e não inteiras), como para problemas que envolvam variáveis binárias igual a zero-um. Para Goldbarg e Luna (2005) o problema de PLI é definido como um modelo de decisão com valores contínuos, uma vez que neste modelo envolvem número de pessoas, configurações, objetos físicos etc, onde soluções fracionárias não apresentam sentidos práticos. A Programação Linear Inteira Mista (PLIM), segundo Hillier e Lieberman (2010), é caracterizada como PLIM, por apresentarem valores inteiros.

Ainda em relação ao MA, segundo Fernandes e Godinho Filho (2010), algumas técnicas podem ser utilizadas para a resolução do problema de PA, tais como:

(i) Método Simplex (MS): É uma técnica interativa que, utiliza um algoritmo, procurando maximizar ou minimizar (otimizar) uma função objetiva de um modelo matemático (modelo linear), considerando-se algumas restrições lineares.

(ii) Regra de decisão Linear (RDL): Essa técnica é usada através de programação matemática, assumindo os custos como uma série de funções quadráticas. O modelo procura uma solução ótima.

(iii) Abordagem dos Coeficientes Gerenciais (ACG): É uma abordagem heurística que considera que as decisões passadas dos gerentes devem ser incorporadas ao sistema, melhorando o processo de tomada de decisão atual. As decisões tomadas no passado são analisadas estatisticamente e, em seguida, são determinados coeficientes, que servirão de base para o planejamento futuro da produção. Não propõe uma solução ótima.

(iv) Método de Focalização (MF): É um processo de focalização de etapas da produção, busca nortear as ações dos gestores e desenvolve uma visão da organização como um sistema. Permite aos gestores focalizar seus esforços nos recursos que implicam em maior impacto nos resultados da empresa.

Método Heurístico de Busca Exaustiva (MHBE): É um método de busca que podem ser modelados para encontrar uma boa solução viável para o problema. É aquele procedimento que normalmente é um algoritmo iterativo completo em que cada iteração envolve a condução de uma busca por uma nova solução que, eventualmente, poderia ser melhor que a melhor solução encontrada previamente.

3. Metodologia

A presente pesquisa classifica-se, quanto aos fins, como descritiva e, quanto aos meios, como bibliográfica. O método de abordagem adotado foi o qualitativo-quantitativo.

A busca por informações sobre PAP realizaram-se através de livros na biblioteca digital da UNESPAR (Universidade Estadual do Paraná). A pesquisa bibliográfica dos artigos foi levantada na base de dados do Encontro Nacional de Engenharia de Produção (ENEGEP), Simpósio de Engenharia de Produção (SIMPEP), Congresso Brasileiro de Engenharia de Produção (CONBREPRO) e Encontro Mineiro de Engenharia de Produção (EMEPRO), com um corte temporal de 2004 a 2015.

4. Resultados e discussões

Dos trabalhos Pesquisados, 30 foram selecionados por apresentar conteúdos relacionados ao foco da pesquisa sobre o PAP. Os trabalhos foram estruturados conforme o nível de atuação do PAP abordado na pesquisa, sendo eles: modelos e/ou métodos, linguagens/*softwares/solvers*, estratégias, tipos de sistemas de produção, setores de atividade e tamanho da empresa. A descrição dos artigos levantados, segundo o ponto de vista de cada autor é apresentado no Quadro 4.

ANO DE PUBLICAÇÃO DO ESTUDO	AUTOR(ES) E DESCRIÇÃO DO ESTUDO
2004	Proto e Mesquita (2004) implementaram um modelo de PAP para aplicação em empresas de produção do tipo <i>Make-to-Stock</i> com múltiplas localidades.
2006	Palomino e Lanfredi (2006) elaboraram um plano de produção para maximizar a utilização dos recursos produtivos numa empresa do setor metalúrgico, reduzindo a ociosidades e estoques e aumentando a confiabilidade nos prazos de entrega dos pedidos. Filho (2006) desenvolveu um planejamento da produção a partir de um modelo de programação linear quadrático gaussiano, focado nas restrições de probabilidade nas variáveis de estoque e produção. Salgado et al. (2006) estabeleceram o lote econômico de compra para os principais produtos adquiridos por uma farmácia de manipulação de Itajubá, a partir do modelo (Não-Linear) foi possível reduzir os custos da empresa.
2007	Neto et al. (2007) apresentaram a aplicação da programação linear para definir o mix ideal de produção de uma indústria de bebidas. Vieira, Silva e Martins (2007) desenvolveram um sistema com planilha eletrônica na modelagem do modelo de Planejamento dos recursos Matérias (MRP) para auxiliar o planejamento da produção de uma empresa de suplemento alimentar.
2008	Donato, Mayerle e Figueiredo (2008) apresentaram uma aplicação ilustrativa de um modelo de programação linear para PAP em múltiplos períodos, com o objetivo de maximizar a rentabilidade das linhas de produtos de uma indústria metal mecânica. Cezarino, Filho e Ratto (2008) desenvolveram um aplicativo de apoio a tomadas de decisão gerencial, orientado à modelagem e solução de um problema de planejamento da produção, desenvolvido no nível tático da produção para proporcionar agilidade, facilidade e soluções ótimas aos problemas de PAP. Silva et al (2008) propuseram o balanceamento de uma linha de remanufatura de cartuchos de uma empresa através de dois diferentes modelos com o objetivo de compará-los do ponto de vista da qualidade das soluções encontradas. Vieira e Porto (2008) propõe um modelo matemático para planejamento de capacidade de um hospital, de forma a minimizar os custos de operação e otimizar os recursos humanos para atendimento da demanda (pacientes).
2009	Silva et al (2009) aplicaram um modelo de otimização multiobjectivo no planejamento agregado da produção de uma usina sucroalcooleiro, estabelecendo planos de produção eficiente, uma ótima alocação dos recursos, obtendo uma margem de contribuição global superior a margem obtida pela usina para a safra e entressafra 2007/2008. Namba e Toso (2009) desenvolveram heurísticas para o dimensionamento de lotes e sequenciamento da produção, obtendo resultados muito próximos à solução ótima em pouco tempo computacional. BOIKO et al (2009) O foco da pesquisa está em demonstrar as diferentes visões dos autores e tentar explicitar a ocorrência de possíveis divergências e diferenciações entre eles.
2010	Rocha e Leonardi. (2010) apresentaram um estudo para a otimização do processamento em uma célula gargalo, dentro de uma indústria têxtil. Nichetti et al (2010) mostraram o problema de otimização na programação de horários de trabalho em hospitais.

QUADRO 4 – Levantamento de Trabalhos para Análise do Estudo (continua...). Fonte: Autores (2015).

ANO DE PUBLICAÇÃO DO ESTUDO	AUTOR(ES) E DESCRIÇÃO DO ESTUDO
2011	<p>Tanajura e Cabral (2011) analisaram o funcionamento do PAP numa indústria petroquímica, relacionando-o com os aspectos dispostos na literatura, contribuindo para a construção de um ambiente multidisciplinar na tomada de decisão, ampliando o envolvimento dos membros da empresa na tentativa de seguir um único plano para a organização.</p> <p>Konagano et al (2011) trabalharam com a otimização de um plano de produção visando a minimização dos custos, levando em consideração a utilização de recursos de mão-de-obra, de equipamentos e estoque.</p> <p>Marchi e Milnitz (2011) propuseram um modelo matemático para otimizar os recursos utilizados no sistema produtivo, com o objetivo de reduzir o custo total de uma indústria gráfica.</p>
2012	<p>Lemos e Moraes (2012) desenvolveram um modelo para manejo dos pastos e manejo nutricional, testado com dados agropecuário de um caso real.</p> <p>Lemos, Vale e Moraes (2012) propuseram um modelo de PAP, considerando os produtos e subprodutos de uma indústria sucroalcooleira, levando em consideração as decisões de produção e métodos alternativos de colheita.</p>
2013	<p>Medeiros e Gerber (2013) desenvolveram um método para a elaboração de um PAP considerando o gerenciamento de restrições (GR), para identificar recurso que restringe o processo.</p> <p>Rodrigues e Santos (2013) aplicaram a programação linear na minimização dos custos de produção em uma indústria de processamento de açaí, auxiliando no planejamento da produção e alocação de recursos.</p>
2014	<p>Melo et al. (2014) desenvolvem um modelo linear de PAP, visando à minimização dos custos e considerando dados de demanda, mão de obra e produtividade em uma empresa siderúrgica.</p> <p>Piovesan, Silva e Filho (2014) elaboraram um modelo de PAP para uma indústria metalúrgica, com o intuito de reduzir os custos.</p> <p>Brito et al. (2014) utilizaram a programação linear para desenvolver um modelo de PAP visando à alocação otimizada dos recursos e à minimização dos custos em uma indústria de processamento de fibras de coco.</p> <p>Dias et al. (2014) desenvolveram um modelo baseado em programação linear para representar um sistema de produção de uma indústria têxtil, incluindo decisões das fases de preparação, montagem, e acabamento.</p> <p>Santos et al. (2014) trabalharam com um problema de programação linear com o objetivo de maximizar os lucros obtidos em uma cachaçaria regional.</p> <p>Monteiro et al. (2014) desenvolveram um estudo aplicando um modelo matemático de programação linear em uma indústria de sacos e plásticos, com o intuito de minimizar os custos, utilizando uma estratégia de produção do tipo “Força de trabalho constante utilizando horas extras”.</p> <p>Fontes et al. (2014) utilizaram uma heurística baseada no algoritmo de busca exaustiva, para o PAP (utilizando a quantidade de dias como variável de decisão) de uma empresa beneficiadora de castanha do Pará, buscando o menor custo operacional.</p>
2015	<p>Amaral e Oliveira (2015) Trabalharam com um problema de Programação Linear para representar um sistema de produção de uma indústria têxtil de meias. Como resultado sugere-se que se exclua o terceiro turno, pois não é tão produtivo e apresenta muita rotatividade de funcionários.</p>

QUADRO 4 – Levantamento de Trabalhos para Análise do Estudo (final). Fonte: Autores (2015).

Com base nos 30 trabalhos encontrados sobre a temática relacionada ao PAP, verificou-se que 10 % abordaram o PAP em Pequenas Empresas (PE), 6,7% em Médias

Empresas (ME), 30 % em Grandes Empresas (GE), 3,3 % em estudos teóricos e, 50 % dos estudos levantados não especificaram o tamanho da empresa.

Referente ao tipo de Sistema de Produção (SP), apenas 6,7% dos trabalhos levantados mencionou o tipo de SP *Make-To-Stoke* e 3,3% do tipo *Flow-Shop*. 90 % dos trabalhos investigados não especificaram o tipo de SP adotado no caso do PAP.

Conforme observado na descrição dos trabalhos levantados sobre o PAP, os tipos de setores empregados para estudo da aplicação foram: 27,6 % Agroindústria (dois trabalhos no setor sucroalcooleiro, três em uma indústria têxtil, um na agropecuária, um em uma indústria de castanha-do-pará, um em uma indústria de fibras de coco); 10 % Metal Mecânico; 13,3 % Alimentos; 13,3 % Não Especificaram o Setor; 10 % Saúde (dois trabalhos em farmácia e um em hospital); 3,3% Manufatura; 3,3% Pecuária; 3,3% Petroquímica; 3,3% Gráfica; 3,3% Eletrodomésticos; 3,3% Siderúrgica; 3,3% Bebidas e 3,3% Plásticos.

No Gráfico 1, é apresentado os Tipos de *Softwares/linguagens/solvers* encontrado nos trabalhos, sendo eles: Planilha Eletrônico do *Excel* (A), Planilha *Excel & Solver* (B), Não Especificado (N.E), GAMS/CPLEX 12.3 (C), GAMS 22.6/SOLVER CPLEX 11.0 (D), Forecast Pro For Windows – versão 3.5 e LINDO/PC – versão 6.1 (E), MATLAB 2008 (F), LINGO 12.0 (G), GLPK Versão 4.9 e AMPL CPLEX Versão 9.1 (H), CPLEX, IBM, ILOG *Optimization Studio* (I).

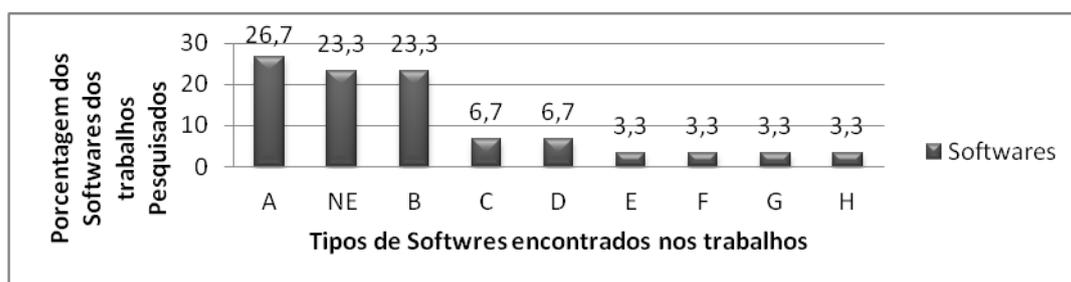


GRÁFICO 1- Porcentagem dos *softwares/linguagens/solvers* utilizados nos trabalhos pesquisados sobre PAP

Dos nove diferentes *softwares* encontrados nos trabalhos, a Planilha Eletrônica do Excel é considerada a mais utilizada, com um percentual de 26,7 %. 23,3% dos trabalhos pesquisados não especificaram o *software* utilizado na pesquisa. A Planilha *Excel* com o emprego da ferramenta Solver apresentou um percentual de utilização de 23,3%. O GAMS/CPLEX 12.3 e Planilha Eletrônica *Excel* e o GAMS 22.6/SOLVER CPLEX 11.0, apresentaram um percentual de 6,7%, respectivamente. O CPLEX, IBM, ILOG *Optimization Studio*, GLPK Versão 4.9 e AMPL CPLEX Versão 9.1, LINGO 12.0, MATLAB 2008, Forecast Pro For Windows – versão 3.5 e LINDO/PC – versão 6.1, apresentaram um percentual de 3,3%, respectivamente.

No gráfico 2, nota-se que 36,6% dos trabalhos investigados não especificaram (NE) o tipo de estratégia utilizada no estudo. As estratégias B (Força de trabalho constante permitindo Faltas), C (Força de Trabalho Constante não permitindo falta) e H (Estratégia Mista), apresentaram um percentual de 3,3%, respectivamente. As estratégias D (Força de Trabalho Constante utilizando horas extras) G (Redução em Patamar) apresentaram um percentual de 10%, respectivamente. Já a estratégia A (Acompanhamento da Demanda) 36,6%. E por fim, com 13,3 a F (Redução Constante).

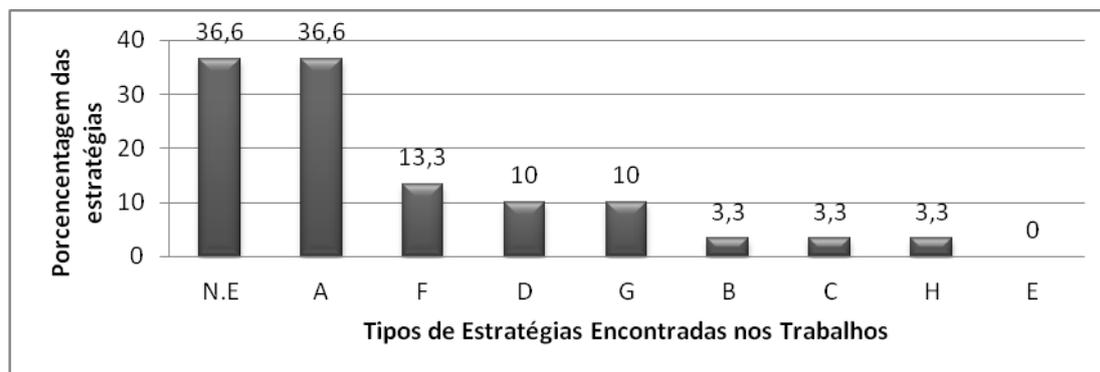
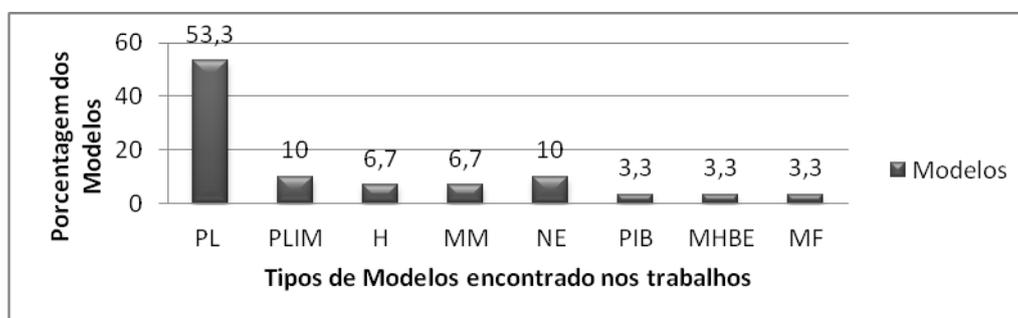


GRÁFICO 2- Porcentagem das estratégias encontradas nos trabalhos pesquisados sobre PAP.

No gráfico 3 é visualizado o tipo de modelo empregado nos artigos levantados sobre o PAP. Pode-se observar que a Programação Linear (PL) é um dos modelos mais utilizados na resolução dos problemas de PAP, com um percentual de 53,3%. Com 10% classificou-se a Programação Linear Inteira Mista (PLIM), e os trabalhos que não especificaram (N.E) os tipos de modelo empregados. Com um percentual de 3,3% se classificaram os Método de Focalização (MF), Programação Inteira Binária (PIB), Método Heurística de Busca Exaustiva (MHBE), e Programação Não Linear (PNL). Alguns trabalhos não especificaram o tipo de modelo, apenas demonstraram a utilização de Modelos Matemáticos (MM), quantificando-se em um percentual de 6,7% dos trabalhos investigados, com o mesmo percentual se classificaram a Heurística (H).



GRÁFICOS 3 - Porcentagem dos tipos de modelos encontrados nos trabalhos pesquisados sobre PAP.

3. Considerações Finais

Diante dos artigos levantados sobre o PAP, foi possível identificar que a principal estratégia empregada foi: A (Acompanhamento da Demanda) com um percentual de 36,6%. A Planilha Eletrônica do Excel foi utilizada com grande predominância, totalizando um percentual de 26,7% em relação aos demais *Softwares*. Nos artigos levantados e analisados, verificou-se um alto percentual de utilização de modelos de Programação Linear, totalizando um percentual de 53,3%.

Com base nesse estudo, sugere-se o levantamento e análise de trabalhos sobre essa temática, no âmbito internacional. Também, sugere-se a construção de uma interface amigável com utilização do *Excel/VBA/GAMS-Solvers* e emprego de modelos matemáticos baseados em Programação Linear, para diversas estratégias utilizadas na construção de um plano agregado da produção.

Referências

- ALVES, R.; DELGADO, C. *Programação Linear Inteira*. In: Faculdade de Economia Universidade do Porto, 1997.
- AMARAL, L. S. R., OLIVEIRA, M. *Elaboração de uma proposta de planejamento agregado da produção par uma indústria têxtil de Juiz de Fora – MG*. ENCONTRO MINEIRO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, São João da Barra – RJ. Anais... XI EMEPRO, 2015.
- BARRA, R. B. M.; SOUZA, A. E. C.; MUTRAN, V. M.; SEPTIMIO, A. S.; MARTINS, V. W. B. M. *Modelagem de um sistema de gerenciamento e planejamento agregado de uma usina de processamento de castanha do Pará utilizando um método heurístico de busca exaustiva*. ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, Curitiba, PR, Brasil, 07 a 10 de Outubro de 2014. Anais... XXXIV ENEGEP, 2014.
- BOIKO, T. J. P.; VAROLO, F. W. R.; TSUJIGUCHI, L. T. de A.; MENEGARDE, J. K.; CANTIERES, P. C. *Planejamento, Programação e Controle da Produção (PPCP): Uma Discussão Teórico Conceitual*. III ENCONTRO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO AGROINDUSTRIAL, Campo Mourão, PR, Brasil, 04 a 06 de Novembro de 2009.
- BRITO, T. O.; BEZERRA, D. S.; MOREIRA, C. R. M.; et al. *Aplicação da programação linear para alocação otimizada de recursos em uma indústria de processamento de fibras de coco*. ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, Curitiba, PR, Brasil, 07 a 10 de Outubro de 2014. Anais... XXXIV ENEGEP, 2014.
- CAIXETA-FILHO, José Vicente. *Pesquisa Operacional: Técnicas de Otimização Aplicadas a Sistemas Agroindustriais*. 2ª Ed. São Paulo: Atlas, 2004.
- CEZARINO, W.; FILHO, O. S. S.; RATTO, J. R. *Planejamento Agregado da Produção: modelagem e solução via planilha excel & solver*. ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, Rio de Janeiro, RJ, Brasil, 13 a 16 de Outubro de 2008. Anais... XXVIII ENEGEP, 2008.
- DIAS, I. F.; PAIVA, L. P. S. PAULA, J. F. R.; SILVA, G. *Aplicação da programação linear para otimização do processo produtivo em uma empresa têxtil*. ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, Curitiba, PR, Brasil, 07 a 10 de Outubro de 2014. Anais... XXXIV ENEGEP, 2014.
- DONATO, F. A. S.; MAYERLE, S. F.; FIGUEIREDO, J. N. *Um modelo de Planejamento Agregado da Produção para otimizar o mix de produtos e clientes em uma indústria metal-mecânica*. ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, Rio de Janeiro, RJ, Brasil, 13 a 16 de Outubro de 2008. Anais... XXVIII ENEGEP, 2008.
- FERNANDES, Flávio C. F.; FILHO, Moacir, G. *Planejamento e Controle da Produção: dos Fundamentos ao Essencial*. São Paulo: Atlas, 2010.
- FILHO, O. S. S. *Um modelo linear quadrático gaussiano com restrições de capacidade para planejamento agregado da produção*. ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, Fortaleza, CE, Brasil, 09 a 11 de Outubro de 2006. Anais... XXVI ENEGEP, 2006.
- FONTES, R. B.; SOUZA, F. J. S. de.; CASTRO, C. H. C. de.; SIMPLICIO, C. C.; NETO, A. R. P. *Balanceamento de linha de produção por meio de programação inteira binária: um estudo de caso em uma fábrica de eletrodomésticos*. SIMPÓSIO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 20, 2013, Bauru. Anais... XX SIMPEP, 2013.
- GOLDBARG, Marco Cesar.; LUNA, Henrique P. L. *Otimização Combinatória e Programação Linear: Modelos e Algoritmos*. Rio de Janeiro: Elsevier, 2005.
- HILLER, Frederick S. *Introdução a Pesquisa Operacional*. 8 ed. Porto Alegre: AMGH, 2010.
- KONAGANO, K. S. H.; LIMA, R. do. N. P.; SANTOS, Y. B. I.; MORAES, M. de. S. O. *Aplicação da programação linear para a utilização otimizada de recursos disponíveis em uma empresa de produção de camarão*. SIMPÓSIO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 18, 2011, Bauru. Anais... XVIII SIMPEP, 2011.
- LACHTERMACHER, Gerson. *Pesquisa Operacional na Tomada de Decisões: Modelagem com Excel*. 2. Ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2004.

- LAESCH, Cláudio; HEIN, Nelson. *Pesquisa Operacional: Fundamentos e modelos*. São Paulo: Saraiva, 2009.
- LEMOS, F. K.; Vale, M. P.; MORAIS, C. F. *Planejamento agregado da produção no setor sucroalcooleiro considerando alternativas de colheita sob perspectiva da cogeração*. ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, Bento Gonçalves, RS, Brasil, 15 a 18 de Outubro de 2012. Anais... XXXII ENEGEP, 2012.
- LEMOS, K. F.; MORAIS, B. L. *Modelo linear inteiro misto para planejamento agregado da produção em bovinocultura de corte*. ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, Bento Gonçalves, RS, Brasil, 15 a 18 de Outubro de 2012. Anais... XXXII ENEGEP, 2012.
- LUSTOSA, Leonardo; NANJI, Luiz C. *Planejamento Agregado e Planejamento Mestre da Produção*. IN: LUSTOSA, L.; MESQUITA, M.A, QUELHAS, O.L.G; OLIVEIRA, R. Planejamento e Controle da Produção. 1ª ed. Rio de Janeiro: Campus, 2008.
- NANJI, Luiz C.; QUELHAS, OSVALDO L.G.; CARVALHO, Rogério A. de. SIMÃO, Victor G. O PCP no contexto estratégico. IN: LUSTOSA, L.; MESQUITA, M.A, QUELHAS, O.L.G; OLIVEIRA, R. Planejamento e Controle da Produção. 1ª ed. Rio de Janeiro: Campus, 2008.
- MARCHI, J. J.; MILNITZ, D. *Modelo de otimização da produção através de programação linear: uma aplicação inicial em uma indústria do setor gráfico*. SIMPÓSIO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 18, 2011, Bauru. Anais... XVIII SIMPEP, 2011.
- MARQUESINI, A. G.; SANCHES, R. B. *Modelo matemáticos para otimizar a roteirização mensal das frentes de colheita de cana-de-açúcar em usinas sucroalcooleiras*. SIMPÓSIO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 13, 2006, Bauru. Anais... XII SIMPEP, 2006.
- MARTINS, A. X.; SOUZA, M. J. F.; CARVALHO, R.; SILVA, T. C. B. *Modelo de otimização do processo de lavra de curto prazo baseado em programação linear por metas aplicado à uma empresa*. SIMPÓSIO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 14, 2007, Bauru. Anais... XII SIMPEP, 2007.
- MEDEIROS, S. S.; GERBER, J. Z. *Desenvolvimento de um método para auxiliar na elaboração do planejamento agregado da produção*. ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, Salvador, BA, Brasil, 08 a 11 de Outubro de 2013. Anais... XXXIII ENEGEP, 2013.
- MELO, I. M.; BARBOSA, H. S.; MIRANDA, C. C.; SANTOS, Y. B. I.; OLIVEIRA, R. G. D. *Minimização de custos em uma empresa siderúrgica pelo uso da programação linear*. ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, Curitiba, PR, Brasil, 07 a 10 de Outubro de 2014. Anais... XXXIV ENEGEP, 2014.
- MONTEIRO, A. S.; JUNIOR, A. P. R.; JUNIOR, C. H. de. L. S.; CUSTODIO, K. C.; SANTOS, Y. B. I. *Modelo de planejamento agregado da produção: um estudo de caso na indústria de sacos e plásticos*. SIMPÓSIO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 21, 2014, Bauru. Anais... XXI SIMPEP, 2014.
- MUNHOZ, José R.; MORABITO, Reinaldo. *Otimização no planejamento agregado de produção em indústrias de processamento de suco concentrado congelado de laranja*. Gest. Prod., São Carlos, v. 17, n. 3, p. 465-481, 2010.
- NETO, A. R.; TOSATI, M.; DEIMLING, M. F. *Aplicação da programação linear no planejamento e controle da produção: definição do mix de produção de uma indústria de bebidas*. SIMPÓSIO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 14, 2007, Bauru. Anais... XII SIMPEP, 2007.
- NICHETTI, D. V.; TIBURCIO, D. M.; GUEDES, G. B.; BARBOZA, A. O.; STEINER, M. T. A. S. *otimização na programação de horários de trabalho de funcionários aplicada em hospitais*. SIMPÓSIO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 17, 2010, Bauru. Anais... XVI SIMPEP, 2010.
- PALOMINO, R. C.; LANFRED, A. A. *Planejamento agregado da produção em uma empresa de pequeno porte: um estudo caso*. ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, Fortaleza, CE, Brasil, 09 a 11 de Outubro de 2006. Anais... XXVI ENEGEP, 2006.
- PIOVESAN, J.; SILVA, L. G. O.; FILHO, A. T. A. *Modelo de planejamento agregado multiproduto em uma indústria metalúrgica*. ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, Curitiba, PR, Brasil, 07 a 10 de Outubro de 2014. Anais... XXXIV ENEGEP, 2014.

PROTO, L. O. Z.; MESQUITA, M. A. *Desenvolvimento de um modelo de planejamento agregado da produção e da distribuição para aplicação em empresas de produção make-to-stock com múltiplas localidades*. ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, Florianópolis, SC, Brasil, 03 a 05 de Novembro de 2004. Anais... XXIV ENEGEP, 2004.

ROCHA, J. A.; LEONARDI, F. *Aplicação de heurísticas em confecção têxtil de médio porte*. SIMPÓSIO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 17, 2010, Bauru. Anais... XVI SIMPEP, 2010.

RODRIGUES, E. C. N.; SANTOS, Y. B. I. *Aplicação da programação linear na minimização dos custos de produção em uma indústria de processamento de açaí de pequeno porte no município de Belém*. SIMPÓSIO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 20, 2013, Bauru. Anais... XX SIMPEP, 2013.

SALGADO, E. G.; NEVES, T. I. P. da C.; MONTEVECHI, J. A. B. D. *A utilização da Programação Não-Linear para redução dos custos através da determinação do Lote Econômico de Compras: estudo de caso em uma farmácia de manipulação*. SIMPÓSIO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 13, 2006, Bauru. Anais... XII SIMPEP, 2006.

SANTOS, F. A.; RODRIGUES, M. T. *Modelo computacional para formulação de rações de mínimo custo para pequenos ruminantes utilizando programação linear*. SIMPÓSIO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 13, 2006, Bauru. Anais... XII SIMPEP, 2006.

SANTOS, Y. B. I.; RODRIGUES, A. F. B.; CARVALHO, L. M.; QUEIROZ, L. P. M.; FERREIRA, L. P. *Aplicação da programação linear na maximização dos lucros de produção em uma cachaaçaria regional*. SIMPÓSIO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 21, 2014, Bauru. Anais... XXI SIMPEP, 2014.

SEVERO, Larissa S. *Aplicação de Modelo de Programação da Produção na Indústria de Couros*. 107 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) – PEQ, Programa de Pós Graduação em Engenharia Química – UFRGS, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2007.

SILVA, A. F. da.; MONTEVECHI, J. A. B.; MARINS, F. A. S.; NEVES, S. M.; DUARTE, R. N. *Modelagem e otimização do planejamento agregado da Produção de uma usina sucroalcooleira*. SIMPÓSIO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 16, 2009, Bauru. Anais... XVI SIMPEP, 2009.

SILVA, M. C.; ALMEIDA, J. F. de. F.; CONCEIÇÃO, S. V. *Modelos de balanceamento em uma linha multi-produto de uma empresa do segmento E.M.S*. SIMPÓSIO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 15, 2008, Bauru. Anais... XV SIMPEP, 2008.

SIPPER, D.; BULFIN JR, R. L. *Production Planning, Control, and Integration*. New York: McGraw-Hill, 1997.

TAHA, Hamdy A. *Pesquisa Operacional: Uma Visão Geral*. 8 ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2008.

TUBINO, D. F. *Planejamento e Controle da Produção: Teoria e Prática*. 2ª. Ed. São Paulo: Atlas, 2009.

TANAJURA, A. P. M.; CABRAL, S. *Planejamento de vendas e operações (s&op): um estudo de caso numa petroquímica*. ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, Belo Horizonte, MG, Brasil, 04 a 07 de Outubro de 2011. Anais... XXXI ENEGEP, 2011.

VIEIRA, K. G.; SILVA, R. A. C da.; MARTINS D. D. S. *Desenvolvimento de um sistema em planilhas eletrônicas para o planejamento da produção em pequenas empresas de suplementos alimentares: um estudo de caso*. ENCONTRO MINEIRO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, Belo Horizonte, MG, Brasil, 07 a 09 de Junho de 2007. Anais... III EMEPRO, 2007.

VIEIRA, J. G. V.; PORTO, R. N. *Planejamento de capacidade: um estudo de caso em um hospital*. ENCONTRO MINEIRO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, Ouro Preto, MG, Brasil, 01 a 03 de Maio de 2008.