

AVALIAÇÃO E SELEÇÃO DE UMA SOLUÇÃO SISTÊMICA PARA O PLANEJAMENTO E CONTROLE DE PRODUÇÃO: ESTUDO DE CASO EM UMA FERRAMENTARIA DE JOINVILLE

PAVANELLO, Cleugeane Lourenço ¹

LUSSOLI, Gabriela ²

GRAZIANI, Álvaro Paz ³

RESUMO

Este estudo consistiu em avaliar e selecionar uma solução sistêmica para o planejamento e controle de produção de uma ferramentaria de Joinville. Com o aumento da complexidade dos sistemas produtivos, os sistemas de gestões integradas (*Enterprise Resource Planning* – ERP) apresentam sérias limitações no que visa atender especificamente ao chão de fábrica, levando os planejadores a utilizarem planilhas no Microsoft® Excel para planejamentos e controles produtivos, tornando o sistema ineficiente. Em virtude dessa limitação do sistema ERP, surgem então os sistemas de Planejamento Avançado e Programação (*Advanced Planning and Scheduling* - APS), com o objetivo de apoiar a tomada de decisão nos níveis de planejamento estratégico, tático e operacional, como também, considerar todas as restrições existentes no processo. Diante disso, foram realizadas visitas na empresa em estudo a fim de conhecer e analisar o processo produtivo de fabricação e sequenciamento. Na realização deste estudo, foram utilizados os dados fornecidos pela empresa, observações na produção, *brainstorming* com os funcionários e o gerente da produção. Tais métodos auxiliaram na identificação dos principais problemas vivenciados pela mesma. Para selecionar a melhor opção, foi realizado um levantamento de algumas informações sobre as características de cada um dos sistemas, as funcionalidades básicas, os módulos e os tipos de relatórios gerenciais. Com as informações necessárias foi possível elaborar uma matriz utilizando o método de Análise Hierárquica (AHP), com isso foram definidos os critérios para comparação. A partir destes critérios a metodologia AHP indicou a melhor opção para a empresa foco desta pesquisa.

Palavras-chave: Sistema APS; Ferramentaria; PPCP.

1 INTRODUÇÃO

As ferramentarias são empresas que trabalham com produção sob encomenda na fabricação de moldes, ferramentas, dispositivos e outros projetos que atendam à

¹ Graduanda(o) do Curso de Engenharia de Produção do Centro Universitário UNISOCIESC, cleepavanello@gmail.com; ²Graduanda(o) do Curso de Engenharia de Produção do Centro Universitário UNISOCIESC, gabriela.lussoli98@gmail.com; ³Professor coorientador dos cursos de graduação e pós-graduação do Centro Universitário UNISOCIESC, alvaro.graziani@unisociesc.com.br;

necessidade do cliente. No sistema de produção de uma ferramentaria o Planejamento e Controle da Produção (PCP) é complexo devido ao número de variáveis envolvidas. Há, geralmente, um alto nível de variabilidade com respeito aos roteiros de fabricação e tempos de processo.

Nas últimas décadas vem ocorrendo uma grande mudança no perfil da produção industrial e, com isso, exige-se que, cada vez mais, as operações de manufatura e serviços sejam flexíveis e confiáveis, atuem dentro dos prazos pré-estabelecidos e possuam qualidade em seus produtos. No entanto, conforme Zattar (2004), com o passar do tempo e com o aumento da complexidade dos sistemas produtivos, os sistemas de gestão integradas (Planejamento de Recursos Empresariais ou *Enterprise Resource Planning* – ERP) apresentam sérias limitações no que compreende atender especificamente ao chão de fábrica, análise de capacidade produtiva e alternativas de sequenciamento da produção, levando os planejadores a utilizarem planilhas no Microsoft® Excel para planejamentos e controles produtivos, tornando o sistema ineficiente.

Diante disso, visando a apuração de restrições e melhor análise da capacidade e demanda dos recursos produtivos, Blackstone *et al.* (2005) afirmam que o sistema de Planejamento Avançado e Programação (*Advanced Planning and Scheduling* - APS) utiliza lógica ou algoritmos matemáticos avançados para otimizar ou simular sequenciamentos com capacidade finita, como também, suprimentos, previsão, planejamento de recursos, entre outros.

Portanto, este estudo tem por objetivo avaliar e selecionar uma solução sistêmica para o planejamento e controle de produção de uma ferramentaria de Joinville. Com isso, será possível indicar a abordagem de PCP com maior aderência ao sistema produtivo objeto de estudo.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Neste capítulo será abordada a caracterização do planejamento e controle da produção, como também, a evolução dos sistemas, definição de sistema ERP e APS e o funcionamento da metodologia de Processo Analítico Hierárquico.

2.1 HIERARQUIA DO PLANEJAMENTO E CONTROLE DE PRODUÇÃO

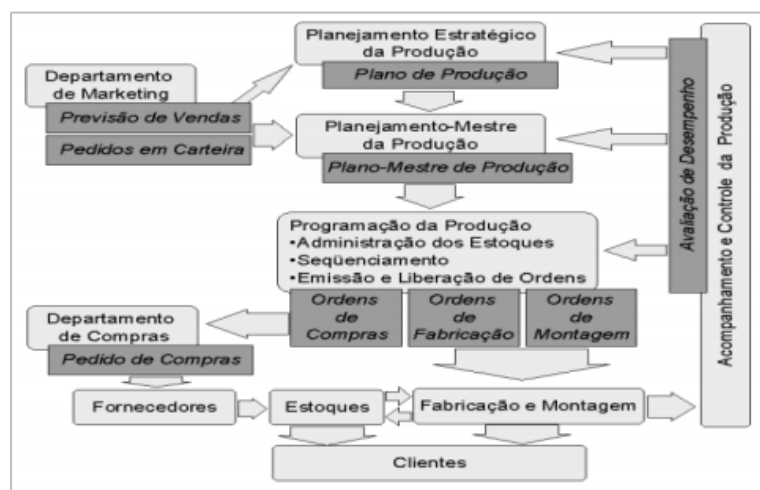
O processo de planejamento produtivo, inicia com o departamento de Vendas e Marketing comparando a demanda prevista *versus* a real, analisando o mercado e projetando a demanda futura, assim, promovendo a ligação entre o Plano Estratégico de Negócio da Companhia e as operações de cada departamento, garantindo que os planos operacionais estejam em compasso com os planos de negócios, gera-se então, o Plano Agregado de Produção (BARBEIRO, 2005).

Após a divulgação do PVO (Plano de Vendas e Operações), utiliza-se o Plano Mestre de Produção (PMP), ferramenta de planejamento de médio prazo, que possui a função de organizar as necessidades dos clientes ligadas às demandas mensais, baseando-se na capacidade de produção a fim de atendimento pleno dos planos estratégicos, buscando efetividade e eficácia na obtenção de produtos acabados (SOUSA *et al.*, 2019). De acordo com Gaither (*apud*,1998), o PMP considera a demanda, o plano de produção, pedidos pendentes, disponibilidade de materiais, capacidade disponível, políticas e metas da organização.

Após a divulgação do PMP, é função do PCP realizar o sequenciamento das ordens de produção, baseando-se nos *lead times*, estoques e prazos de entrega (TUBINO, 2009).

A Figura 01 mostra uma visão geral das atividades do PCP exposta por Tubino (2009).

Figura 01 - Visão geral das atividades do PCP



Fonte: Tubino (2009).

Neste sentido, Graziani (2012) conceitua o Planejamento e Controle de Produção como a função da administração que integra a produção às demais funções da empresa através da informação. Planejar significa projetar o futuro diferentemente do passado, por causas sob nosso controle. Controlar, por sua vez, é lidar com variações e desvios que implicam o redesenho dos planos ou intervenção na operação.

O principal objetivo de um sistema de programação da produção é gerar um programa que atenda às exigências dos clientes, condicionadas à disponibilidade de recursos definida no planejamento da produção (GIACON *et al.*, 2011).

O aumento da competitividade faz com que as organizações busquem gerenciar as atividades do PCP por meio de ferramentas que permitam uma melhor eficiência operacional (GUERRA *et al.*, 2013). Além de ferramentas adequadas, informações confiáveis e de qualidade são também o ponto chave para o sucesso das atividades do setor de PCP (MÖLLER, 2013).

De acordo com Tubino (2009), as atividades do PCP são exercidas nos três níveis hierárquicos de planejamento e controle das atividades produtivas de um sistema de produção: o nível estratégico, onde são definidas as políticas estratégicas de longo prazo da empresa; o nível tático, onde são estabelecidos os planos de médio prazo para a produção; e o nível operacional, onde são preparados os programas de curto prazo de produção e realizado o acompanhamento dos mesmos.

Em outras palavras, conforme citado por Gaither *et al.* (2002), a função produção é caracterizada por três papéis demonstrados no Quadro 01.

Quadro 01 - Papéis da função produção

Níveis de decisões	
Estratégicas:	Caracterizada como apoio para a estratégia empresarial, corresponde às decisões sobre produtos, processos e instalações e tem impacto de longo prazo nas organizações;
Operacionais:	São decisões a respeito de como planejar a produção para atender a demanda. São necessárias se a produção contínua de bens ou serviço pretende satisfazer as exigências do mercado e garantir o lucro. Tem impacto em médio prazo;
De controles:	Referentes a como planejar a controlar as operações. Essas decisões privilegiam as atividades diárias dos trabalhadores, a qualidade dos produtos ou serviços, os custos de produção e gastos com manutenção de equipamentos. Tem resultados em curto prazo.

Fonte: Adaptado de Gaither *et al.*, (2014).

O planejamento e controle permite fornecer produtos e serviços conforme a demanda, garantindo que as operações ocorram de forma contínua (FARCHI *et al.*, 2014). Quanto mais complexo for o sistema de produção, mais se torna necessário à integração entre os setores, desta forma, sistemas de produção sob encomenda necessitam de uma configuração adequada e bem específica.

Nesse contexto surgiram inúmeros *softwares* como objetivo de auxiliar as tomadas de decisões produtivas, dentre esses dois são particularmente importantes: o MRP – *Material Requirements Planning* e posteriormente o MRP II – *Manufacturing Resource Planning* (GEANESI *et al.*, 2001).

2.2 PLANEJAMENTO DE RECURSOS EMPRESARIAIS (ERP)

Os MRP/MRP II são sistemas hierárquicos de administração da produção, onde os planos em longo prazo são sucessivamente detalhados até chegar ao nível de planejamento de componentes e máquinas. Esses sistemas possibilitam o cálculo dos recursos de manufatura a partir da previsão de vendas, tendo como finalidade o planejamento da compra de matéria prima e componentes ou a produção de itens que serão necessários à demanda produtiva (ZATTAR *et al.*, 2012). Ainda segundo os autores, devido ao crescente aumento da complexidade produtiva em virtude da busca constante por flexibilização, os sistemas MRP II começaram a apresentar limitações no nível do planejamento fino da produção.

A programação feita da frente para trás, a partir de uma data de entrega é a principal característica do MRP II. O programa calcula todas as necessidades ao longo do tempo, assim como determina o momento exato de liberar ordens de trabalho. Um dos pontos frágeis do sistema envolve o objetivo de minimizar o estoque, pois o sistema não prevê falhas no decorrer das atividades de produção e suprimentos de matéria prima (Gianesi *et al.*, 1996).

Logo, ainda segundo Gianesi *et al.* (1996), a ocorrência de uma não conformidade implica em atraso que, por sua vez, gera estoque e insatisfação do cliente. Outros pontos críticos são a previsão do tempo para suprimento de matéria-prima, fator fora de controle da empresa e o tempo estimado por tarefa, que determina a ocupação de cada recurso. Este tempo é uma média apurada e pode variar de

acordo com o desenvolvimento de cada operador. Essas oscilações ocasionam retenções de fluxo e formação de estoques.

Esses sistemas, entretanto, não atendem às reais necessidades de integração de toda empresa. Como resposta a estas necessidades, surgiu o Planejamento de Recursos Empresariais (*Enterprise Resource Planning* ou ERP), também conhecidos como Sistemas Integrados de Gestão (SIGs). Este advento possibilitou às organizações integrarem todas as suas áreas atingindo a gestão global da empresa (CORREA, 2001).

Conforme Amorim *et al.*, (2013), os sistemas ERP constituem um *software* multi modular que visa integrar a gestão da empresa nas diferentes etapas de seu negócio, tornando mais ágil o processo de tomada de decisão, porquanto permite que o desempenho da empresa seja monitorado em tempo real. Eles fornecem suporte aos processos operacionais, produtivos, administrativos e comerciais da empresa, caracterizando-se como uma ferramenta de tecnologia da informação.

Os sistemas ERP abrangem outros módulos além do MRP II, como logística, manufatura, finanças, recursos humanos e contabilidade. A informação entra no sistema uma única vez, em um banco de dados, o que possibilita que todas as operações do negócio sejam integradas num só ambiente computacional (ALBERTÃO, 2005). Entretanto, devido à sua complexidade, elevados custos de investimento, barreiras de implantação e imposição de mudanças radicais na organização, esses sistemas têm apresentado significativas falhas (*apud* LAW *et al.*, 2007).

Zattar (2004) coloca que mesmo com os sistemas ERP implantados as unidades produtivas ainda apresentam sérias limitações no que visa atender especificamente ao chão de fábrica, a análise de capacidade produtiva e à alternativa de sequenciamento da produção. Dessa forma, todos estes aspectos vieram a contribuir para o surgimento dos sistemas de programação da produção com capacidade finita (*Finite Capacity Scheduling* ou FCS) e, mais recentemente, em uma evolução natural, os sistemas avançados de planejamento e programação (*Advanced Planning and Scheduling* ou APS).

2.3 SISTEMAS DE CAPACIDADE FINITA

Conforme Zattar (2004), os sistemas de capacidade finita têm como característica considerar a capacidade do sistema produtivo como a restrição principal para a tomada de decisão, buscando garantir que a programação da produção seja viável.

Um sistema de programação de produção com capacidade finita não atua de maneira isolada, sendo um sistema de complementação em relação aos sistemas do tipo MRP II, substituindo ou trabalhando integrados, com o módulo de controle de chão de fábrica. (*apud* GIANESI *et al.*, 2007).

De acordo com Quinn (*apud*, 2004) os primeiros sistemas FCS eram bastante simples, envolviam apenas a avaliação da capacidade do recurso primário para efetuar o trabalho pedido. Também eram capazes de fazer um sequenciamento para novas ordens a partir da data corrente para frente.

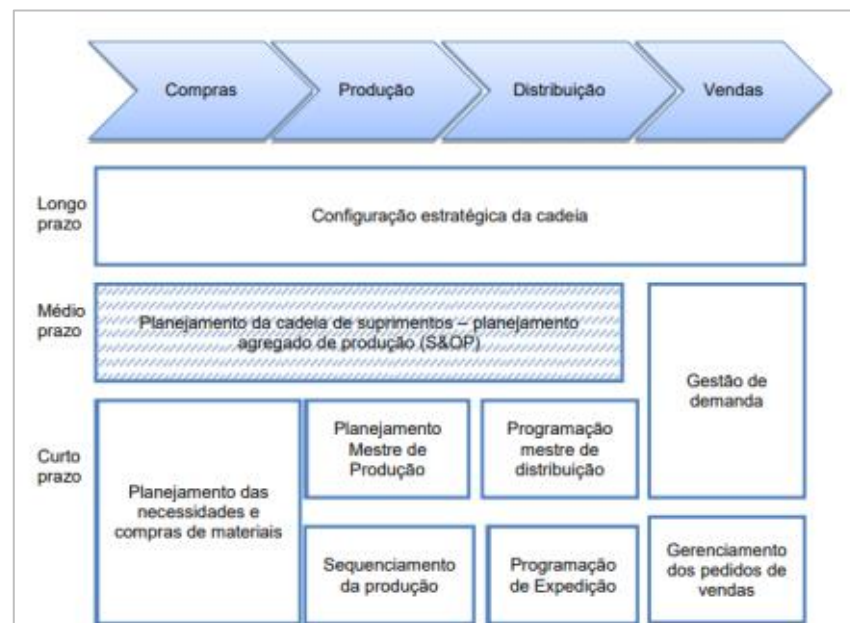
Ainda de acordo com Zattar, com o surgimento do conceito de gestão da cadeia de suprimentos (*Supply Chain Management* ou SCM), a crescente necessidade de inclusão de novas funcionalidades, como a restrição de matérias-primas e o controle apurado de estoques, faz surgir os sistemas APS, que são a evolução natural dos sistemas FCS (ZATTAR, 2004).

Stadtler (2005) conceitua os sistemas APS como sistemas de apoio à tomada de decisão nos níveis de planejamento estratégico, tático e operacional (programação de chão de fábrica), envolvendo problemas complexos que requerem soluções avançadas. Dessa forma, esses sistemas procuram considerar todas as restrições existentes com a finalidade de maximizar os objetivos, utilizando regras de sequenciamento heurísticas e métodos de otimização.

Segundo Turbide (2000), os sistemas APS podem ser vistos de várias formas, dependendo do horizonte de planejamento a ser tratado. Do ponto de vista estratégico, o sistema oferece ferramentas para suporte à decisão sobre a localização de unidades fabris ou armazéns, escolha de fornecedores e outros aspectos da estrutura de negócios. No planejamento tático, pode auxiliar nas decisões de planejamento de transporte, estratégias de inventário, utilização de recursos e na programação de médio prazo da fábrica. E na visão operacional, suporta decisões do dia a dia, como avarias de máquinas e atrasos de transporte, entre outras.

É importante ressaltar que os sistemas APS não substituem os sistemas transacionais, mas, ao contrário, utilizam as informações advindas dos sistemas transacionais como ERP para realizar seus cálculos (DUMOND, 2005). O suporte ao planejamento pelos APS é feito através de modelos de programação matemática e simulação que precisam contemplar os objetivos estratégicos e as restrições operacionais da empresa em que são aplicados (SANTA – EULALIA, 2010). A Figura 02 representa a abrangência dos sistemas APS.

Figura 02 - Abrangência dos sistemas APS



Fonte: Adaptado de Meyer (2002).

Chopra *et al.* (2003) colocam que para determinadas empresas, a lógica de MRP II pode ser a mais interessante para determinada fábrica ou setor. Já para outra fábrica ou setor, pode ser mais interessante adotar uma lógica de programação finita.

Nesse contexto, há a necessidade de se incorporar sistemas APS que favorece a centralização das decisões de planejamento e programação, uma vez que integrado ao sistema corporativo da empresa e aos apontamentos de chão de fábrica, representa o elo para garantir o correto alinhamento entre as estratégias da empresa até o nível operacional (TURATTI, 2009).

Segundo Matsuo (2012), as ferramentas APS utilizam inteligência artificial, heurísticas e outras tecnologias modernas para resolver os conflitos de ordens e as

restrições de produção. Com isto, esses sistemas conseguem exibir para a empresa um plano de produção executável, maximizado, onde a maioria dos conflitos foram analisados e as decisões foram tomadas, segundo regras previstas. Ainda de acordo com o autor, diversas simulações podem ser executadas, facilitando a tomada de decisões gerenciais, quando necessário.

Johnson *et al.* (1974) descrevem que a constante variação da demanda de mercado e a criação de novos produtos criam a necessidade de se realizar sempre o sequenciamento da produção que, juntamente com o dimensionamento de lotes, têm o objetivo de minimizar os tempos de preparação e de ociosidade dos recursos, aumentando assim a produtividade. Desta forma, as fábricas que realizam um bom sequenciamento da produção conseguem alcançar resultados como: redução de custos com hora/homens, redução de atrasos de entrega de produtos, aumento da capacidade de produção, entre outros.

Para Carvalho (2001), entre os benefícios tangíveis e intangíveis das ferramentas APS, pode-se destacar: Aumento da capacidade aparente, redução da quantidade de produtos acabados, redução do WIP (*work in process*), melhoria no atendimento dos pedidos, minimização dos efeitos de reprogramações e dos imprevistos, melhor gerenciamento de compras de materiais e melhoria nas relações entre clientes e fornecedores, garantia do prazo de entrega acordado, redução do tempo total de produção, garantia de otimização dos recursos produtivos e, por fim, redução do tempo ocioso.

Com a utilização da ferramenta de APS fica possível observar um alto grau de interação entre os setores, que passam a trabalhar de forma colaborativa e alinhada com a estratégia da organização, uma vez que o próprio sistema APS considera fatores estratégicos na programação dos recursos produtivos. A aplicabilidade de um sistema APS em termos estratégicos é realizada a partir do entendimento da hierarquização de planejamento da empresa e, da mesma forma, do entendimento da influência do desdobramento da estratégia até o nível operacional (TURATTI *et al.*, 2009)

Através deste detalhamento e do entendimento do impacto estratégico de cada atividade operacional em relação aos resultados globais da empresa, a utilização dessa ferramenta se torna mais eficiente de modo que todos os interessados tenham pleno conhecimento do seu papel (PACHE *et al.*, 2012).

2.4 CARACTERÍSTICAS PRODUTIVAS DAS FERRAMENTARIAS

As ferramentarias são empresas ou setores de empresas que trabalham na fabricação de ferramentas e dispositivos para a produção de componentes de forma seriada, como por exemplo, peças moldadas, conformadas, estampadas, etc. (*apud* SANTOS, 2015), ou seja, produtos desenvolvidos sob medida e sob encomenda para um cliente específico.

Os processos de fabricação em uma ferramentaria são organizados por projetos tendo como finalidade o atendimento de uma necessidade específica do cliente. Segundo Tubino (*apud*, 2009), o produto tem uma data específica para ser concluído e, uma vez concluído, o sistema produtivo se volta para um novo projeto. Os produtos são concebidos em estreita ligação com o cliente, de modo que suas especificações impõem uma organização dedicada ao projeto, assim, necessitando de um ambiente fabril flexível, normalmente à custa de certa ociosidade, enquanto a demanda por bens ou serviços não ocorrer.

Santos (*apud*, 2015), diz que existem três fatores principais que levam um cliente a contratar os serviços de uma ferramentaria: qualidade que é condição básica, custo e prazo de entrega que são as variáveis que fazem a diferença. A redução dos custos de fabricação é um objetivo a ser alcançado, pois tende aumentar a produtividade e a lucratividade desses tipos de empresas. Pode-se dizer que a qualidade e a rapidez de processamento são fatores qualificadores na disputa de mercado. Num processo de concorrência, o que mais importa para o cliente é a confiança que ele deposita na capacidade da empresa em cumprir seus compromissos em conformidade com os prazos, o orçamento e as especificações prometidas.

No entanto, o sequenciamento da produção do presente estudo é entendido como sob encomenda, este sendo de grande complexidade e difícil resolução dentre o universo dos problemas combinatórios (QUEZADO *et al.*, 1999).

Conforme Brandão *et al.* (2008), o sistema de produção sob encomenda possui características críticas de conciliação de oferta e demanda no sistema produtivo. Isso ocorre devido ao baixo volume de produtos semelhantes na produção e pela grande diversidade de projetos, o que dificulta bastante o escalonamento das tarefas, pois são baseadas diretamente nas previsões de venda.

Este processo deve possuir máquinas capazes de realizar tarefas distintas, o que exige flexibilidade de seus equipamentos manufatureiros. O objetivo do sequenciamento adequado é minimizar o tempo de realização das tarefas, ou seja, determinar uma sequência de baixa dependência e de muita eficiência no tempo de processamento das tarefas (BRANDÃO *et al.*, 2008).

Diante dessas considerações entende-se que é necessário se conhecer da melhor forma possível o desempenho dos processos envolvidos em uma ferramentaria, para poder identificar os pontos fracos e assim poder agir sobre eles.

2.5 PROCESSO ANALÍTICO HIERÁRQUICO (*Analytic Hierarchy Process* ou AHP)

De acordo com Shimizu (2010), o método AHP (Processo Analítico Hierárquico) foi criado por Saaty, na década de 70, nos EUA. Trata-se de um método de apoio à decisão que utiliza de múltiplos critérios ou múltiplos objetivos. De forma complementar, Gomes, Araya e Carignano (2004) destacam que, neste método, o problema de decisão é dividido em níveis hierárquicos, facilitando, assim, sua compreensão e avaliação. Ele determina uma medida global para cada uma das alternativas, priorizando-as ou classificando-as, ao finalizar o método.

Para a facilidade no entendimento e aplicabilidade do método, apresentam-se as etapas a serem seguidas, bem como as suas características principais:

- a) Construir as hierarquias: de acordo com Colin (2011), a hierarquia de um problema é representada por um objetivo, pelos seus fatores de decisão e pelas suas alternativas de decisão. Nesta etapa, é necessário modelar o problema de acordo com uma hierarquia de elementos de decisão inter-relacionados;
- b) Definir as prioridades: Saaty (1991) propõe uma escala de julgamento para a comparação par a par, onde cada comparação tem seu grau de importância e pode ser visualizado no Anexo 01;
- c) Construir as matrizes pareadas: neste passo, é imprescindível a construção das matrizes a partir das comparações par a par. A Figura 03 demonstra a matriz padrão gerada por Saaty (1991).

Figura 03 – Matriz pareada

P	A_i	A_j	A_k
A_i	1	a_{ij}	a_{ik}
A_j	$1/a_{ij}$	1	a_{jk}
A_k	$1/a_{ik}$	$1/a_{jk}$	1

Fonte: Adaptado de Saaty (1991).

- d) Obter o autovetor: depois da construção da matriz pareada é realizada a fase de obtenção do autovetor. Ele será a média de cada coluna, sendo calculada por meio da soma dos elementos de cada linha da matriz normalizada e da divisão desta soma pelo número de elementos na linha;
- e) Realizar a análise de consistência: para conseguir diminuir as incertezas e analisar os desvios, é necessário realizar um teste neste método, chamado de análise consistência. A sua execução está baseada nas seguintes etapas: gerar um novo vetor coluna, obter o autovalor máximo, calcular o índice de consistência e calcular a razão de consistência;
- f) Avaliar as alternativas: a última etapa compreende a análise das alternativas e consideração dos resultados. Nesta, deverão ser avaliadas as respostas em cada passo do método, considerando a melhor alternativa viável de decisão para a empresa.

Contudo o AHP é um método simples e claro, fácil de ser explicado aos “decisores”, permitindo a interação entre o analista e o decisor. A maior dificuldade encontrada no uso do AHP é a necessidade de muitos julgamentos. Se o problema é complexo, requer uma cuidadosa análise (SCHMIDT, 1995).

3 METODOLOGIA

Este capítulo descreve os procedimentos metodológicos que foram adotados no trabalho, como foi realizada a coleta e o tratamento dos dados.

3.1 CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA

Este trabalho utiliza o método qualitativo, no qual os dados são obtidos em campo. Quanto ao objetivo, a pesquisa é qualificada como exploratória e descritiva, pois investiga a temática na prática e descreve os resultados alcançados. O procedimento técnico utilizado é o estudo de caso.

3.2 AMBIENTE DA PESQUISA

A pesquisa é realizada em uma ferramentaria na cidade de Joinville. A empresa surgiu da união dos principais estabelecimentos do setor, genuinamente brasileiros, com o objetivo de ampliar a competitividade. Atualmente, possui cerca de 1 mil colaboradores e conta com 7 unidades fabris no Brasil, sendo localizadas em Minas Gerais, São Paulo, Pernambuco, Rondônia, Goiás, Bahia e a matriz sediada em Joinville. A unidade em estudo é composta por 100 funcionários, dos quais, 5 compõem a equipe do PCP com 1 coordenador, 2 analistas e 2 estagiários.

A organização é responsável pela engenharia e produção de máquinas, equipamentos e acessórios para o Mercado de Identificação Veicular. Com isso, preza pela fabricação de ferramentas de estampa, repuxo, moldes de injeção em plásticos, bem como o desenvolvimento e a produção de projetos especiais de Engenharia Industrial. Para tal, conta com a infraestrutura de máquinas de controle numérico computadorizado (CNC), retificadoras planas e cilíndricas, tornos mecânicos convencionais, fresadoras convencionais, serras de fita, rosqueadeiras automáticas e máquinas de solda.

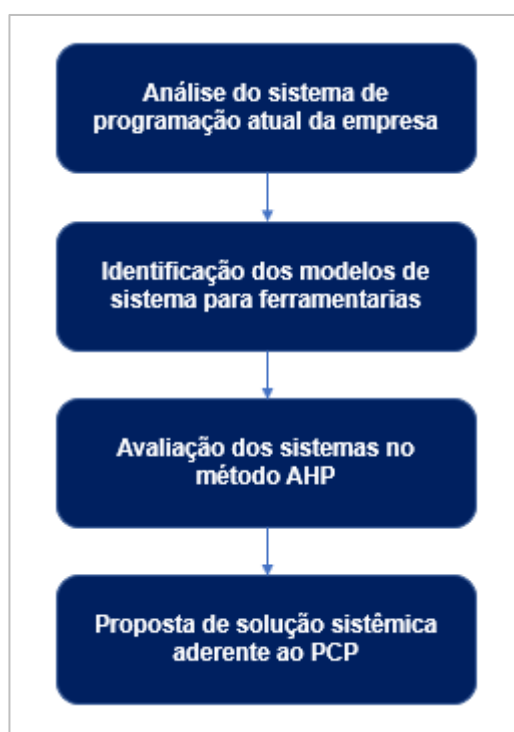
3.3 ETAPAS DA PESQUISA

As etapas para a elaboração dessa pesquisa, envolve os seguintes procedimentos metodológicos:

- Análise do sistema de planejamento e controle de produção atual da empresa;
- Identificação dos modelos de sistema para ferramentarias;
- Proposta de solução sistêmica aderente ao PCP.

A Figura 04 apresenta um fluxograma das etapas da pesquisa.

Figura 04 - Ilustração das etapas em forma de fluxograma



Fonte: As Autoras (2021).

Para melhor detalhar estas etapas do trabalho, foi elaborado o Quadro 02 que demonstra as três fases (A, B e C) e suas respectivas atividades, ferramentas e objetivos:

Quadro 02 - Fases e ferramentas

Fase	Atividade	Descrição
A	Análise do sistema PCP atual	Serão realizadas visitas, <i>brainstorming</i> com os funcionários e gerente da engenharia, bem como observações na produção. Com isso, estudaremos o funcionamento do sistema em relação às ordens de produção, as tratativas de não conformidades, análises de tempos, entre outros.
B	Identificação dos modelos	Identificados os potenciais problemas, serão realizadas pesquisas na internet sobre empresas fornecedoras de sistemas especialistas no mercado da ferramentaria.

C	Avaliação dos sistemas no método AHP	Através da metodologia AHP, será avaliado os sistemas selecionados em conjunto com os critérios essenciais para o PCP da empresa.
D	Proposta de solução sistêmica aderente ao PCP	Após conclusão da pesquisa, será aplicado a metodologia AHP para selecionar um sistema que melhor contemple as necessidades da empresa.

Fonte: As Autoras (2021).

Todas as fases foram essenciais para alcançar o objetivo principal, ou seja, definir a melhor solução sistêmica para a empresa.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste capítulo apresentam-se as análises realizadas para escolha do melhor modelo de sistema para a ferramentaria em estudo, através da aplicação do método selecionado.

4.1 ANÁLISE DO SISTEMA DE PLANEJAMENTO E CONTROLE DE PRODUÇÃO ATUAL DA EMPRESA

Para a realização desta análise, foram utilizados os dados fornecidos pela empresa através de visitas e reuniões. Com isso, foi possível a identificação dos principais problemas vivenciados pela mesma, os quais são:

- Falta de gráficos e/ou relatórios: o sistema utilizado pela empresa não gera gráficos para análise de tempo, capacidade ou custo;
- Relação das ordens em execução: o sistema não correlaciona as ordens de produção, mostrando seus prazos e *status*;
- Não conformidades: o sistema não aponta as peças que foram refugadas no processo e/ou possíveis atrasos no tempo previsto de fabricação;
- Previsto x Realizado: o sistema não é capaz de calcular os possíveis tempos de produção, assim como não relaciona o tempo de previsão com o real praticado.

Por fim, a análise foi executada de maneira a responder os objetivos específicos propostos.

Essa fase teve como objetivo a redução de incerteza através da busca por selecionar, de forma sistemática, as informações necessárias para a execução do processo produtivo.

4.2 IDENTIFICAÇÃO DOS MODELOS DE SISTEMAS PARA AS FERRAMENTARIAS

Após a identificação dos potenciais problemas e a análise do mesmo, foi realizada uma pesquisa na internet sobre empresas fornecedoras de sistemas especialistas no mercado da ferramentaria e com isso foram selecionadas quatro empresas que se adequaram melhor ao perfil da empresa em estudo. Dessa forma, foi possível realizar o levantamento de algumas informações sobre as características de cada um dos sistemas e as funcionalidades básicas conforme detalha o Apêndice 02.

4.3 PROPOSTA DE UM SISTEMA DE PROGRAMAÇÃO FINITA

Para a criação das propostas e escolha da melhor alternativa de sistema para a empresa, foi aplicada a metodologia AHP, em função de sua flexibilidade quando aplicado a problemas de tomada de decisão e facilidade de compreensão, como também, o detalhamento em cada etapa, desde o modelamento do problema, execução, análise e seleção.

Deste modo, foi necessário elencar, junto ao analista de PCP, os critérios subjetivos a serem avaliados no método para a escolha de um sistema que suprisse as necessidades de programação, planejamento e controle da produção.

Desta maneira, os seguintes critérios foram definidos: facilidade na programação da produção, confiabilidade na análise dos resultados, reprogramação simplificada e visualização de atrasos. O critério “facilidade na programação da produção” foi considerado importante, pois atualmente a empresa realiza a programação da produção através de gráficos de Gantt elaborados manualmente no Microsoft® Excel, já o critério de “confiabilidade na análise dos resultados” foi definido devido a necessidade da realização de uma análise precisa de comparação do previsto e realizado, verificando as perdas, o grau de desperdício e a qualidade do produto final, para então confirmar se houve êxito no planejamento feito.

A “reprogramação simplificada” foi selecionada a fim de buscar um sistema que mantenha os dados sempre atualizados, para que o programador solicite apenas uma nova programação. O último critério determinado foi “visualização de atrasos”, pois esta informação deve estar clara para que o gestor possa fazer as análises necessárias para a tomada de decisão dentro da organização, bem como cumprir o prazo proposto ao cliente.

4.3.1 Comparação de Pares

Com isso, inicialmente foi realizada a determinação da importância relativa dos critérios, no qual se faz necessária uma comparação par a par dos critérios, para definir o grau de importância de um elemento sobre o outro e após utilizar o Quadro 02 para quantificar os julgamentos de importância. A Tabela 01 apresenta a classificação dos critérios.

Tabela 01 - Classificação dos critérios

Critério	Descrição
C1	Facilidade na programação da produção
C2	Confiabilidade na análise de resultados
C3	Reprogramação simplificada
C4	Visualização de atrasos

Fonte: As Autoras (2021).

O julgamento foi feito com a participação do analista responsável pelo PCP da unidade fabril em estudo, pois entendeu-se que ele deve avaliar o que considera mais relevante para a escolha do sistema. A Tabela 02 mostra como foi feita a comparação e a escala utilizada para cada julgamento.

Tabela 02 - Escala de julgamento utilizada para os critérios

Comparação par a par	Julgamento
C2 - C1 C3 - C1 C4 - C1	C2 é moderadamente preferível a C1 C1 é moderadamente preferível a C3 C4 é igualmente para moderadamente preferível a C1
C3 - C2 C4 - C2	C2 é fortemente preferível a C3 C2 é igualmente para moderadamente preferível a C4

C4 - C3	C4 é moderadamente para fortemente preferível a C3
---------	--

Fonte: As Autoras (2021).

4.3.2 Método do Autovalor

Os procedimentos de comparação paritária entre os critérios resultaram na matriz exposta na Tabela 03.

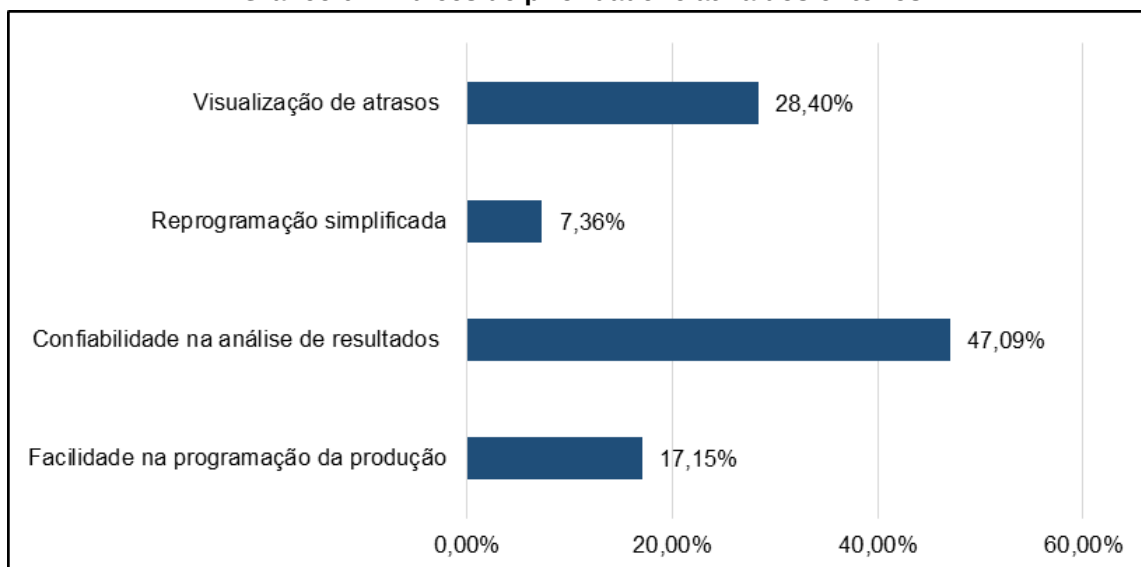
Tabela 03 - Matriz de comparação paritária entre os critérios

	Critérios	C1	C2	C3	C4
C1	Facilidade na programação da produção	1	0,17	3	0,2
C2	Confiabilidade na análise de resultados	6	1	6	3
C3	Reprogramação simplificada	0,33	0,17	1	0,14
C4	Visualização de atrasos	5	0,33	7	1
	Totais:	12,33	1,67	17	4,34

Fonte: As Autoras (2021).

A resolução da matriz de comparações paritárias entre os critérios gerou os índices de importância relativa mostrados no Gráfico 01. Sendo o índice randômico (*Random Index* - RI) valorado em 0,9, conforme definição índices de consistência aleatória de Saaty (1991), a razão de consistência calculada apontou um nível de 0,02, valor tolerado pelo AHP (ABREU et al., 2000).

Gráfico 01- Índices de prioridade relativa dos critérios



Fonte: As Autoras (2021).

Deste modo, constata-se que, de acordo com os julgamentos realizados, os critérios para escolha do sistema ideal para o PCP da ferramentaria em estudo representam a seguinte ordem de importância:

- 1) Confiabilidade na análise de resultados: 47,09%
- 2) Visualização de atrasos: 28,40%;
- 3) Facilidade na programação da produção: 17,15%
- 4) Reprogramação simplificada: 7,36%.

4.3.3 Agregação das Prioridades

A segunda etapa do método AHP consiste em determinar o nível de preferência das alternativas. Nesta fase foi feita a comparação paritária entre as quatro empresas fornecedoras de sistemas para ferramentarias. O julgamento das alternativas foi feito levando em consideração os critérios definidos pelo analista. Os *softwares* escolhidos para análise foram: Binder, Maxiprod, Drummer e Preactor.

As comparações das alternativas para cada um dos critérios resultaram em cinco matrizes, estes podem ser visualizados no Apêndice 01.

Após os cálculos realizados, alcançou-se os níveis de preferência de acordo com os critérios e *softwares* em questão, conforme Tabela 04.

Tabela 04 - Nível de preferência das alternativas

Alternativas	Facilidade na programação	Confiabilidade na análise	Reprogramação	Visualização de atrasos
Binder	0,07	0,21	0,07	0,06
Maxiprod	0,15	0,25	0,08	0,13
Drummer	0,26	0,19	0,43	0,27
Preactor	0,51	0,35	0,42	0,54

Fonte: As Autoras (2021).

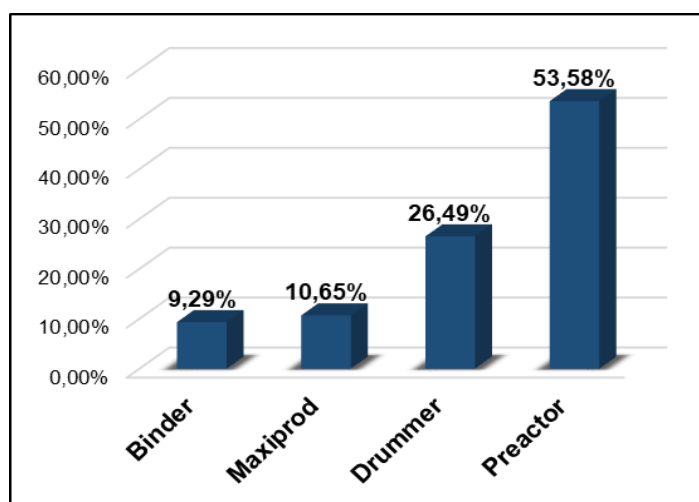
Assim, é possível perceber que a facilidade na programação, a confiabilidade na análise e a visualização de atrasos é melhor atendida pelo sistema Preactor, enquanto a reprogramação é atendida satisfatoriamente pelo sistema Drummer.

4.4 VALORAÇÃO GLOBAL PARA CERTIFICAÇÃO DE ESCOLHA

Ainda assim, para certificação da melhor escolha para a empresa em estudo, fez-se a valoração global de cada alternativa. Para isso foi realizada a soma ponderada dos índices de importância relativa dos critérios e dos níveis de preferência das alternativas em cada um dos critérios.

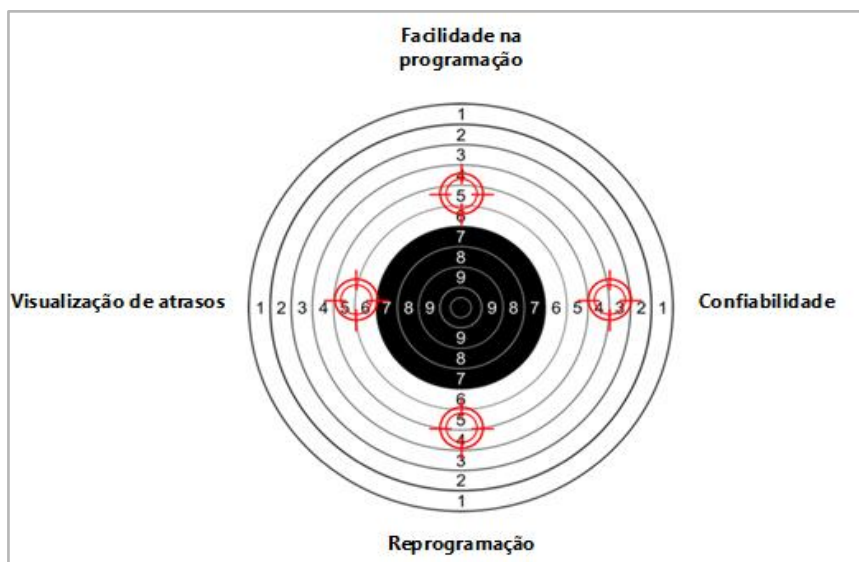
O resultado final pode ser visualizado no Gráfico 02 que mostra a melhor alternativa para a empresa do estudo. Com a análise tem-se que o Preactor obteve 53,58% de preferência, enquanto Drummer é a segunda melhor alternativa com 26,49%, Maxiproduct ocupa a terceira colocação com 10,65% e por último o software Binder com 9,29% de preferência.

Gráfico 02 - Valoração global das alternativas



Fonte: As Autoras (2021).

De acordo com as preferências e necessidades da empresa foi desenvolvido um comparativo com as funcionalidades que o *software* escolhido oferece, a fim de verificar se há alguma característica que não está coberta pelo sistema. Este comparativo pode ser visualizado no Gráfico 03.

Gráfico 03 - Atendimento do *software* às necessidades

Fonte: As Autoras (2021).

Após esta análise, é possível notar que o sistema escolhido atende de forma geral os pontos críticos mapeados pela equipe da empresa.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

É um grande desafio para as ferramentarias selecionar adequadamente um *software* que atenda suas necessidades, pois a natureza finita dos recursos de manufatura inevitavelmente cria conflitos de prioridades de entrega, que se tornam ainda mais difíceis com eventos não previstos. Deste modo, este estudo teve como objetivo avaliar e selecionar uma solução sistêmica para o planejamento e controle de produção de uma ferramentaria de Joinville. Para que o objetivo fosse plenamente atingido, algumas etapas foram realizadas.

Inicialmente, este estudo analisou o sistema de planejamento e controle de produção atual da empresa, detalhando os critérios considerados importantes pelo analista de planejamento da produção. Para tanto foi imprescindível estudar a hierarquia do PCP, bem como os tipos de sistemas de administração da produção. Essas informações foram a base do processo decisório.

Depois, foi necessário identificar os modelos de sistema para ferramentarias. Nesta etapa, foram realizadas pesquisas de empresas fornecedoras de sistemas

comumente usados nas ferramentarias, para fazer o levantamento de dados sobre as características dos mesmos, suas funcionalidades básicas, voltadas principalmente aos critérios estabelecidos. Foi utilizada a metodologia AHP (Processo Analítico Hierárquico) para apoiar a decisão de selecionar o *software* mais adequado ao perfil da empresa.

Através do método AHP pôde-se selecionar a solução sistêmica mais aderente ao PCP. Assim, o sistema Preactor foi indicado como melhor alternativa para satisfação da empresa. Com a implantação do Preactor, sistema com capacidade finita, a empresa passará a ter um maior controle das noções de chão de fábrica. Com informações precisas é possível oferecer um diferencial aos clientes em função de uma melhora significativa no cumprimento dos prazos ou, no mínimo, de informações corretas sobre atrasos com uma antecedência bastante razoável que permitam replanejamentos. Pode-se listar os seguintes ganhos com a implantação do *software* Preactor:

- Previsão da data de entrega do serviço precisa e rápida;
- Flexibilidade oferecida ao cliente, em função da facilidade de visualizar todas as variáveis envolvidas no caso de uma alteração no seu produto;
- Elaboração de orçamentos com base de dados reais, utilizando o histórico de serviços já realizados e previsão de entrega definida no orçamento com base de dados reais;
- Visualização do número de horas trabalhadas por posto operativo, e visualização do número de horas parada do posto operativo, por problemas de manutenção, erros de programas CNCs, etc.;
- Visualização dos atrasos existentes em determinado período, e visualização do total de serviços sendo executados e aqueles com pedido em carteira;
- Facilidade em ajustar e controlar o nível de capacidade, e facilidade em administrar a compra de materiais.

Nesse sentido, conclui-se que o objetivo inicial proposto foi alcançado, e que o estudo se mostra relevante para a adequação da empresa frente às dificuldades analisadas. Por conseguinte, para a continuidade da eficiência do sistema, sugere-se a aplicabilidade de reuniões semanais, visando a melhora da comunicação da equipe e maior entendimento dos fluxos de entregas de projeto e processo de fabricação. Pois a grande maioria dos resultados esperados referem-se a melhor visualização de

informações e, com isso os erros passam a ter seus donos e torna-se mais evidente onde estão ocorrendo as falhas. Além disso, sugere-se a continuação do estudo levando em consideração o custo de implantação do *software*, bem como o acompanhamento do comparativo de indicadores de produtividade após sua implantação.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos a Deus por ter nos proporcionado chegar até aqui. As nossas famílias por todo incentivo nos momentos difíceis e toda contribuição neste caminho.

Agradecemos também nossos professores, que sempre estiveram dispostos a ajudar e somar conhecimento para melhor aprendizado, em especial ao nosso orientador e professor Álvaro Paz Graziani que nos ajudou em cada detalhe deste projeto.

Cleugeane Lourenço Pavanello e Gabriela Lussoli.

REFERÊNCIAS

MÖLLER B. E.; SCHATTSCHEIDER G. O.; FRANK. A. G.; RIBEIRO. J. L. D. **Qualidade da informação no PCP: Análise dos fatores de influência e proposta de um método de diagnóstico.** Revista Produção Online, Florianópolis, SC, v.13, n. 1, p. 37–60, jan./mar. 2013

TUBINO, Dalvio Ferrari. **Planejamento e controle da produção: teoria e prática.** 2 ed. São Paulo: Atlas, 2009. 208 p.

FARCHI, D.R.P.; MOTTA, G.A.; BIANCHINI, V.K.; ALVES, V.C. **Aplicação da ferramenta de gestão a vista em uma metalúrgica: uma pesquisa-ação.** In: XXXIV Encontro Nacional de Engenharia de Produção. Curitiba: ABEPRO, 2014.

TURATTI, R.; MARCANTONIO, R.; **A importância da utilização dos sistemas APS no alinhamento de estratégias operacionais.** 2009. Disponível em: http://www.simpoi.fgvsp.br/arquivo/2009/artigos/E2009_T00352_PCN47607.pdf. Acesso em 02 mai.2021.

ZATTAR C., SACCHELLI C. M. **Metodologia para implantação de um sistema de programação da produção com capacidade finita em empresas prestadoras de serviço**. Anais do XXII Encontro Nacional de Engenharia de Produção, out. 2002.

ZATTAR, I. C.; SACCHELLI, C. M. **Otimização da Programação e Seqüenciamento da Produção em um Tratamento Térmico com a Utilização de Sistemas de Capacidade Finita**. Santa Catarina: IST - Instituto Superior de Tecnologia, 2007. CARVALHO, D. APS – Advanced Planning Systems: Os Softwares que tornam a sua empresa mais competitiva. TECMARAN, 2001. CORRÊA, H. L., GIANESI I. G. N., CAON M. Planejamento, Programação e Controle da Produção. 4ed. São Paulo: Atlas, 2001.

SANTOS, Adriana de Paula Lacerda. **Planejamento, Programação e Controle da Produção**. Curitiba: Intersaberes, 2015. 182 p.

BRANDÃO, Raul de Souza *et al.* **Proposta de um estudo para a resolução do problema de sequenciamento da produção sob encomenda**. 2008. Disponível em: <http://www.din.uem.br/sbpo/sbpo2008/pdf/arg0047.pdf> . Acesso em: 01 maio 2021.

CAMPOS, Marcos Rogério Ribeiro. **Melhorias no Sistema de Planejamento, Programação e Controle da Produção**: um estudo de caso em empresa eletroeletrônica. 2009. 69 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Mecânica, Universidade de Taubaté, Taubaté, 2009. Disponível em: <https://www.livrosgratis.com.br/ler-livro-online-124214/melhorias-no-sistema-de-planejamento-programacao-e-controle-da-producao--um-estudo-de-caso-em-empresa-eletroeletronica>. Acesso em: 30 abr. 2021.

UNIVAP. São José dos Campos-Sp-Brasil: Univap, v. 20, n. 35, fev. 2014. Mensal. Disponível em: <https://revista.univap.br/index.php/revistaunivap/article/view/177/195>. Acesso em: 29 abr. 2021.

PRODUÇÃO. Francisco Beltrão, v. 22, n. 3, maio 2012. Trimestral. Disponível em: https://www.scielo.br/pdf/prod/v22n3/aop_200711116.pdf . Acesso em: 30 abr. 2021.

GOMES, Luiz Flávio Autran Monteiro; ARAYA, Marcela Cecilia González; CARRIGNANO, Claudia. **Tomada de decisões em cenários complexos: introdução aos métodos discretos do apoio multicritério à decisão**. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2004. Tradução de: Marcela Cecília González Araya.

YU, Abrahan Sin Oih. **Tomada de decisão nas organizações: uma visão multidisciplinar**. São Paulo: Saraiva, 2011. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/978852126237/cfi/0/4/4@0.00:0.00> . Acesso em: 07 nov. 2021.

COLIN, Emerson C.. **Pesquisa operacional: 170 aplicações em estratégias, finanças, logística, produção, marketing e vendas.** Rio de Janeiro: Ltc, 2011.

SAATY, T. L. **Método de análise hierárquica.** São Paulo: McGraw-Hill, Ltda. Makron Books do Brasil Editora Ltda., 1991.

GOMES, Luiz Flávio Autran Monteiro; ARAYA, Marcela Cecilia González; CARIGNANO, Claudia. **Tomada de decisões em cenários complexos: introdução aos métodos discretos do apoio multicritério à decisão.** São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2004. Tradução de: Marcela Cecília González Araya.

SHIMIZU, Tamio. **Decisão nas organizações.** 3. ed. São Paulo: Atlas, 2010.

APÊNDICE 01 - Matriz de priorização paritária entre as alternativas

Facilidade na programação da produção				
Softwares	Binder	Maxiprod	Drummer	Preactor
Binder	1	0,50	0,25	0,17
Maxiprod	2	1	0,33	0,5
Drummer	4	2	1	0,50
Preactor	5	3	4	1
Confiabilidade na análise de resultados				
Softwares	Binder	Maxiprod	Drummer	Preactor
Binder	1	3	0,33	6
Maxiprod	0,33	1	3	7
Drummer	3	2	1	2
Preactor	6	3	3	1
Reprogramação simplificada				
Softwares	Binder	Maxiprod	Drummer	Preactor
Binder	1	0,33	0,5	0,5
Maxiprod	2	1	0,33	0,33
Drummer	6	7	1	3
Preactor	5	6	4	1
Visualização de atrasos				
Softwares	Binder	Maxiprod	Drummer	Preactor
Binder	1	0,33	0,2	0,14
Maxiprod	3	1	0,33	0,25
Drummer	5	3	1	0,33
Preactor	7	4	3	1

Fonte: As Autoras (2021).

APÊNDICE 02 – Detalhamento das características dos sistemas.

Software	Binder	Maxiprod	Drummer	Preactor
Facilidade na programação da produção	Visão geral de todas as unidades em um plano.	Possui módulo para criar e controlar ordens de produção.	Permite que o usuário realize ilimitadas simulações do processo produtivo. Permite criar diversas “visões” ou “cenários” do processo fabril, podendo comparar a eficiência e validade entre os mesmos.	Capacidade de programação a médio prazo (90 dias), capacidade determinada; Cria o sequenciamento de acordo com as prioridades definidas pelo PCP.
Confiabilidade na análise de resultados	Relatórios para processamento e análise.	Controles de apontamentos comparando com a programação.	Considera desde grandes reposicionamentos de carteira ou simulando o impacto de ocorrências e desvios do processo fabril.	Fornecer a situação das OP mediante a emissão de Gráficos de Gantt, que são analisadas para a verificação de como estão caminhando os serviços; Mostra os pontos que necessitam ser equacionados para o atendimento dos prazos assumidos.
Reprogramação simplificada	Backup e recuperação automática / manual.	* Histórico de movimentações; * Gestão por pedido/projeto; * Boletins de inspeção; * Roteiros por produto.	Permite a realização de simulações “E se...” em tempo real, voltadas a analisar o impacto de ocorrências ou decisões a serem tomadas.	Comercial pode atualizar seus dados e fornecer um feedback ao cliente; Representantes possuem informações quanto ao número de horas disponíveis para serem vendidas, ou ainda, simular o prazo de entrega de uma nova cotação.

Software	Binder	Maxiprod	Drummer	Preactor
Visualização de atrasos	Exportação automática de valores medidos com gerenciamento de tempo.	* Rastreabilidade por lote; * Não-conformidades (Refugos); * Terceirização.	Fornecer respostas rápidas às constantes mudanças que ocorrem no processo produtivo e na demanda do mercado, sempre observando as premissas e os objetivos corporativos.	O programa dispõe de recursos para visualização de diversos relatórios, como: * Lista de Ordens de Execução; * Lista de Peças Atrasadas; * Listas de Peças Atrasadas por OS e OE; * Totais de Horas por Posto Operativo; * Valor Orçado x Valor Realizado.
Facilidade na programação da produção	Visão geral de todas as unidades em um plano.	Possui módulo para criar e controlar ordens de produção	Permite que o usuário realize ilimitadas simulações do processo produtivo. Permite criar diversas “visões” ou “cenários” do processo fabril, podendo comparar a eficiência e validade entre os mesmos.	Capacidade de programação a médio prazo (90 dias), capacidade determinada; Cria o sequenciamento de acordo com as prioridades definidas pelo PCP
Confiabilidade na análise de resultados	Relatórios para processamento e análise.	Controles de apontamentos comparando com a programação.	Considera desde grandes reposicionamentos de carteira ou simulando o impacto de ocorrências e desvios do processo fabril.	Fornecer a situação das OP mediante a emissão de Gráficos de Gantt, que são analisadas para a verificação de como estão caminhando os serviços; Mostra os pontos que necessitam ser equacionados para o atendimento dos prazos assumidos.

Fonte: As Autoras (2021).

ANEXO 01 - Escala fundamental de julgamento em grau de importância.

Intensidade de Importância	Definição	Explicação
1	Mesma importância	As duas atividades contribuem igualmente para o objetivo.
3	Importância pequena de uma sobre a outra	A experiência e o julgamento favorecem levemente uma atividade em relação a outra.
5	Importância grande ou essencial	A experiência e o julgamento favorecem fortemente uma atividade em relação a outra.
7	Importância muito grande ou demonstrada	Uma atividade é muito fortemente favorecida em relação a outra.
9	Importância absoluta	Quando se procura uma condição de compromisso entre duas definições.
2,4,6,8	Valores intermediários entre os valores adjacentes	Quando se procura uma condição entre duas definições.

Fonte: Adaptado de Saaty (1991).