

Sistema de Programação Avançada da Produção com Capacidade Finita: O Caso da TRAF0 Transformadores de Força do RS

Daniel Fagundes Ribas (PUCRS) daniel.ribas@trafo.com.br
Flávio Régio Brambilla (ULBRA) flaviobrambilla@terra.com.br
Francisco Carlos Fernandes Jr. (ULBRA) fernandes@trafo.com.br

Resumo: Em cenário competitivo e globalizado como o atual, os sistemas de Planejamento, Programação e Controle de Produção (PPCP) estão tendo uma importância cada vez maior na estrutura das empresas, gerando impacto na competitividade. O presente trabalho apresenta uma metodologia de implantação de um sistema computacional de programação da produção com capacidade finita, baseada nas características de sistemas avançados de planejamento e programação, os Sistemas Avançados de Planejamento e Programação (APS). A metodologia foi implantada na empresa TRAF0, a qual produz transformadores de força. Analisaram-se os ganhos obtidos na implantação de um sistema computacional com capacidade produtiva finita no setor de PPCP da empresa para suprir as lacunas no planejamento e programação da produção gerada pelo Planejamento de Recursos de Manufatura (MRP II) utilizado pela empresa. O sistema computacional proposto integra os aplicativos computacionais Microsoft Excel e Microsoft Project, com o objetivo de flexibilizar sua utilização e facilitar ajustes futuros.

Palavras-chave: Sistema Avançado de Planejamento e Programação (APS); Programação Fina da Produção; Planejamento dos Recursos de Manufatura (MRPII).

1. Introdução

Um sistema de Planejamento, Programação e Controle da produção (PPCP) faz parte do sistema de informação produtivo, tendo como foco principal o gerenciamento de materiais, máquinas, mão-de-obra e fornecedores. Tanto o sistema de PPCP como o próprio sistema operacional de produção são desenvolvidos para atender as condições do mercado e as condições impostas pela estratégia da empresa que utiliza os sistemas. Um sistema eficiente de PPCP pode trazer vantagens competitivas substanciais à empresa (VOLLMANN et al., 1997).

Os sistemas de PPCP estão tendo uma importância cada vez maior dentro da estrutura das empresas, gerando impacto na competitividade. As empresas utilizam atualmente sistemas baseados em Sistemas Integrados de Gestão Empresarial, *Enterprise Resources Planning* (ERP), Planejamento de Recursos de Manufatura, *Manufacturing Resources Planning* (MRPII) e Planejamento de Necessidades de Materiais, *Material Requirements Planning* (MRP) para auxiliar o sistema de PPCP, mas foi a partir da década de 90 devido à grande quantidade de implantações dos ERPs, que sistemas computacionais começaram a ter um papel mais importante dentro do gerenciamento de produção das empresas.

Segundo Hicks (1997), os ERPs são *softwares* cujo principal objetivo é facilitar o fluxo de informações em todas as funções da empresa, como finanças, manufatura, logística e recursos humanos. Programar o ERP significa integrar todas as aplicações dos negócios em um ambiente único. Esse tipo de sistema é a evolução do MRP e MRP II, que passaram a adquirir tarefas que ultrapassaram as atividades de manufatura, como por exemplo, logística,

fornecedores, recursos humanos, transportes, entre outras.

O MRP II surgiu na década de 1980, para solucionar uma deficiência dos MRPs existentes que não consideravam a capacidade de recursos de fábrica em nenhum nível de planejamento. Segundo Zattar (2004), o sistema MRP tem como principal função definir a produção e/ou compras de componentes para produto, onde o sistema sempre usa um valor fixo de *lead time*. Em paralelo aos sistemas MRP II foram desenvolvidos os chamados Sistemas de Programação com Carga Finita, *Finite Capacity Systems* (FCS), também conhecidos como Sistemas de Planejamento e Programação Avançados, *Advanced Planning Scheduling System* (APS). O MRP II, embora tenha vantagens sobre os MRPs, também apresenta uma falha operacional, pois considera infinita a capacidade de recursos instalados e o *lead time* de forma separada da quantidade de demanda, não importando a quantidade que será fabricada do mesmo (ZATTAR, 2004).

Para Faé e Erhart (2005), os *softwares* APS são considerados avançados em Planejamento da Produção, relevando praticamente todas as variáveis e restrições que surgem no ambiente produtivo, gerando planos de execução viáveis e com pouca ou nenhuma intervenção do programador. A capacidade de carga de trabalho nos recursos produtivos sofre grande impacto com uma *performance* não satisfatória da programação de fábrica, o que afeta prazos de entrega, giro de estoque de matéria-prima entre outros. Para Ritzman e Krajewski (2004) as melhores soluções para programação da produção são encontradas com os Sistemas de Produção com Capacidade Finita, onde as datas geradas pelo MRP são respeitadas e a programação é baseada nas restrições dos recursos.

Neste trabalho serão abordadas as principais características do sistema MRP II com capacidade produtiva infinita e do sistema conhecido como APS com capacidade produtiva finita, além da estruturação de um departamento de PPCP que passou a utilizar programação com capacidade finita integrada a um sistema MRP II.

1.1 Tema e Objetivos da Pesquisa

O tema do trabalho é a implantação de sistema APS, com foco em um comparativo entre programação com capacidade finita e infinita de fábrica. O objetivo principal do trabalho é apresentar uma metodologia de implementação de um sistema computacional com característica de um sistema APS para melhorar o funcionamento de um sistema MRP II já existente.

Os objetivos secundários do trabalho são: apresentar um referencial teórico sobre sistemas de PPCP; levantar as características dos sistemas APS; propor uma metodologia de melhoria de um sistema MRP II; implementar a metodologia em uma empresa de médio porte no setor eletro-eletrônico; e, avaliar as vantagens e desvantagens na utilização da metodologia proposta.

1.2 Justificativa do Tema

As organizações buscam melhorar seu desempenho com relação aos concorrentes, e são as atividades de Planejamento, Programação e Controle da Produção (PPCP) que possibilitam esse diferencial. Segundo Corrêa, Gianesi e Caon (2007), empresas estão seguindo a tendência de utilizar o sistema de programação da produção com capacidade finita, que aos poucos tem se tornado módulo dos sistemas ERP. Também são utilizados sistemas híbridos (integrando MRP e planejamento com capacidade finita) para ambientes mais complexos, sendo a capacidade finita responsável pela programação e controle do chão de fábrica (SANTOS, SILVA, 1998). Os sistemas APS utilizam o que há de mais avançado na lógica de planejamento de manufatura para resolver os problemas de seqüenciamento e

restrições de produção. Entre os benefícios do APS, a melhoria na *performance* dos pedidos, definindo-se com reprogramações ágeis os imprevistos que aparecem no processo de produção, buscando o atendimento no prazo da carteira de pedidos. Ocorrem também melhorias nos processos de gerenciamento de compras e serviços, já que utilizam a programação com quantidades e datas mais confiáveis, resultando na redução do estoque de matéria-prima, pois os fornecedores entregam somente o que será utilizado e no momento adequado (CIFFONI, HOSHINO, ASSAD, 2000).

Os sistemas APS estão sendo implantados em diversos setores de manufatura. Vieira e Soares (2003) apresentam como ganhos em uma empresa de autopeças, após a implantação do sistema APS: a diminuição de trinta minutos diários de reprogramação da produção para cinco minutos mensais; a possibilidade de analisar vários cenários produtivos, o que não ocorria antes; a análise da capacidade de recursos ocorria manualmente e passou a acontecer automaticamente após cada programação; e houve a redução de custos devido à diminuição de horas extras dos funcionários.

Zattar (2004) aponta como ganhos após a implantação do sistema APS em uma empresa do ramo cerâmico: o prazo de entrega de novos pedidos diminuiu de três dias para quarenta e cinco minutos; os estoques de produtos acabados que ocupavam 3,27 milhões de metros quadrados, foram reduzidos para 1,8 milhões em três anos; e melhoria do relacionamento com os clientes devido a um índice de 95% de atendimento no prazo.

2 Sistema de Planejamento dos Recursos Empresariais – ERP

A principal característica do sistema ERP é a integração de informações e processos entre os diversos setores da empresa, permitindo um gerenciamento mais eficiente das informações. Este sistema opera com um banco de dados único, oferecendo ambiente computacional integrado para todas as operações da empresa (CELESTINO et al., 2009). Segundo Hicks (1997), os ERPs também chamados de Sistemas para Planejamento dos Recursos Empresariais, são sistemas computacionais onde o principal objetivo é facilitar o fluxo de informações em todas as funções da empresa, como finanças, manufatura, logística e recursos humanos. Programar o sistema ERP de uma empresa significa integrar todas as aplicações dos negócios em ambiente único. A sigla ERP surgiu na década de 90 quando a palavra chave passou a ser integração. Esse tipo de sistema é a evolução do MRP e MRP II, quando passaram a necessitar de funções no sistema computacional que ultrapassavam as atividades de manufatura, como, por exemplo, logística, fornecedores, recursos humanos, transportes, entre outras.

De acordo com Vollmann et al. (2006), as quatro características determinantes para avaliar a qualidade de um sistema ERP são as seguintes: [1] ERP deve ter a capacidade de transformar resultados ligados a finanças em termos monetários, a operação de aquisição de material em unidades, as vendas em termos de unidades e de serviços e, a produção em unidades de recursos ou pessoas. [2] O ERP deve integrar as diferentes funções da empresa. Sendo uma plataforma computacional, deve gerar informações para todos os setores da organização. [3] Deve ser modular, sendo compatível com outros módulos de expansão ou com algum módulo desenvolvido para suprir determinada necessidade da organização. [4] Ainda, deve monitorar atividades necessárias ao planejamento e controle da produção, como previsão de demanda, planejamento da produção e controle de estoque.

Os sistemas de ERP são indicados para empresas que procuram benefícios de integração dos processos e dados da empresa, necessitando suporte do sistema de informação. O ERP elimina processos repetitivos, pois visualiza toda estrutura administrativa na mesma

plataforma, vinculando os processos e ligando os mesmos de um modo otimizado (VOLLMANN et al., 2006). O sistema ERP é composto por módulos interligados de cada classe de gestão: gestão de planejamento de vendas e operações, gestão de recursos humanos, gestão de produção e logística e gestão financeira, contábil e fiscal. Pode ser estruturado com módulos de diferentes fornecedores ou de um único fornecedor, sendo que uma abordagem multifornecedor possibilita a estruturação do ERP com o melhor módulo de cada classe de gestão (CORRÊA, GIANESI, CAON, 2007).

Conforme Vollmann et al. (2006), no módulo de produção e logística estão as aplicações mais complexas de ERP. Os componentes do PCP, (Planejamento e Controle da Produção), estão diretamente ligados com essa área. Abaixo estão listados os componentes típicos do módulo de produção e logística em um sistema ERP: planejamento de vendas e operações (coordena os esforços na parte de planejamento de *marketing*, planejamento das operações, planejamento financeiro e planejamento de recursos humanos); gerenciamento de materiais (módulo que gerencia as atividades da cadeia de suprimentos, incluindo também as funções de gerenciamento de estoques e de armazéns para dar suporte ao controle eficaz dos materiais); manutenção da fábrica (neste módulo estão inseridas atividades associadas ao planejamento e à execução das manutenções corretiva e preventiva); gerenciamento da qualidade (tem como objetivo implementar atividades que serão necessárias para a garantia e o controle da qualidade); planejamento e o controle da produção (módulo que dá suporte para o processo de produção, nivelando a capacidade, fazendo o planejamento das necessidades de material, *Just-in-Time*, JIT, custeio de produtos, processamento das listas de materiais e manutenção na base de dados); e, gerenciamento de projeto (que incorpora atividades que facilitam a preparação, o gerenciamento e a avaliação de projetos).

O grupo de sistemas de vendas e *marketing* possibilita uma melhor assistência ao gerenciamento de clientes, de pedidos de venda, à previsão, ao gerenciamento de ordens, da configuração de verificação de crédito e faturamento, à emissão de notas fiscais aos descontos (ZATTAR, 2004).

O conjunto de aplicações referente à área de recursos humanos auxilia nas atividades para gerenciar, programar, pagar, contratar e treinar as pessoas que trabalham na organização. Dentro desse módulo, há funções de folha de pagamento, administração de benefícios, administração dos dados de candidatos, planejamento da força de trabalho, planejamento de desenvolvimento pessoal, programação e planejamento de turno, administração do tempo e, contabilidade de despesas de viagem (VOLLMANN et al., 2006). Para Corrêa, Gianesi e Caon (2007), as empresas, na maioria das vezes, preferem iniciar a implantação do ERP não pelos módulos da manufatura, e sim pelos módulos administrativo-financeiros.

A escolha de um sistema de ERP deve levar em consideração, segundo Corrêa, Gianesi e Caon (2007): a complexidade das atividades executadas e o grau de integração vertical da empresa; a frequência das tomadas de decisão; os tipos de processos produtivos; a sofisticação necessária do sistema e os requisitos dos processos utilizados pela empresa; o alinhamento dos módulos de planejamento e controle da produção com as necessidades da empresa; uma comparação entre o sistema atual da empresa e o ERP, questionando a possibilidade de customização; e, os recursos e a infra-estrutura disponível para implementar o sistema.

3 Sistema de Planejamento dos Recursos da Manufatura – MRPII

Moreira (2006) afirma que o MRP pode ser visto como uma técnica de programação dos itens que serão produzidos e como um sistema de controle de estoques, determinando a

quantidade de cada item e quando esta quantidade deve estar disponível para produção. De acordo com Ralston (2000) foi em 1980 que Ollie Wigth consolidou o uso do MRP para o planejamento e controle de recursos associados com a manufatura. O MRP evoluiu mais tarde para o chamado MRP II, pois o MRP fornece informação para definição de quanto produzir e comprar na hora certa, com o objetivo de eliminar estoques, mas sem analisar capacidade produtiva.

A falta de uma análise de capacidade produtiva acabou estimulando os pesquisadores a desenvolver análises para considerar a capacidade produtiva no planejamento e programação de produção, ou seja, as necessidades de recursos como mão-de-obra e equipamentos, dando origem ao MRP II (CORRÊA, GIANESI, CAON, 2007). Conforme Corrêa, Gianesi e Caon (2007), a partir do cálculo de capacidade produtiva foi possível evoluir no conceito de planejamento, pois se antecipam os problemas de falta ou excesso de capacidade.

Dentre os benefícios da utilização de um sistema MRP II pode-se destacar a disponibilidade de materiais no momento certo (assegurando que a linha não pare), a diminuição do ciclo de fabricação (o total de tempo para fabricação do produto) e a redução dos atrasos no prazo de entrega para os clientes (MOREIRA, 2006).

Corrêa, Gianesi e Caon (2007) definem a estrutura do sistema MRP II em três blocos: [1] O comando: bloco da alta direção, responsável pelos níveis mais altos do planejamento (gestão de demanda, S&OP e MPS/RCCP Planejamento Mestre da Produção/Planejamento de capacidade de grosso modo), definem qual rumo que a empresa tomará no mercado e o quanto será competitiva; [2] O motor: o nível mais baixo do planejamento está nesse bloco (MRP/CRP - Planejamento de Necessidades Materiais/Planejamento da Capacidade de Recursos), qual recebe as decisões do bloco comando e define o quanto e quando produzir e/ou comprar, além de gerenciar as decisões da gestão de capacidade de curto prazo; [3] As rodas: bloco responsável pelas atividades de execução e controle (compras e *Shop Floor Control* SFC) além de realimentar o planejado e definido nos blocos anteriores.

Zattar (2004) diz que um sistema MRP II tem como principal objetivo monitorar os recursos da empresa e desenvolver o sistema de produção. Para isso foram inseridas novas funções no tradicional sistema MRP. São elas: *Rough Cut Capacity Planning* (RCCP), ou Planejamento de capacidade de grosso modo, que analisa os recursos críticos através do plano-mestre de produção, sinalizando se ocorre algum tipo de inviabilidade de produção, indicando a necessidade de alocação de mais recurso; Planejamento da Capacidade de Recursos (CRP), onde após análise de viabilidade do RCCP é executado o CRP, definindo a capacidade que será utilizada para atender ao plano do MRP nos recursos em diferentes horizontes do planejamento; e, Controle de Chão de Fábrica (SFC), que libera as ordens de produção e indica o local de utilização dos materiais. Definem ainda os tempos de espera dos centros de trabalho, máquinas e operadores.

Para Corrêa, Gianesi e Caon (2007), os cadastros necessários para operacionalizar o MRP II são: cadastro mestre do item (esse item deve conter códigos, descrições, unidade de medida, política de ordem, *lead time*, estoque de segurança); cadastro de estrutura do produto (discrimina as ligações entre itens pais e filhos, assim como a quantidade necessária entre itens filhos por unidade de itens pai, datas de início e término de validade de itens); cadastro de locais (que definem os lugares de armazenamento dos itens, incluindo unidades fabris, departamentos); cadastro de centros produtivos (nesse item deve-se incluir os códigos, descrição do centro produtivo, horário de trabalho, índice de aproveitamento das horas na fábrica); cadastro de calendários (responsável pela conversão do calendário de fábrica no calendário de datas do ano, o qual armazena informações de feriados e férias); e, cadastro de

roteiros (que serão incluídos na seqüência de operações que serão utilizadas para a fabricação de cada item, os tempos de emissão da ordem de fabricação, filas de espera, movimentações necessárias, ferramental que será utilizado). Nas próximas seções, serão detalhadas as funções do MRP II.

3.1 Planejamento das Vendas e Operações de RRP

Conforme Corrêa, Gianesi e Caon (2007), o MRP II executa o planejamento de materiais e o planejamento da capacidade fabril, pois sem o conhecimento da capacidade não será possível obter todos os benefícios de um sistema de planejamento MRP II. O planejamento de capacidade realizado pelo nível gerencial mais alto é chamado de Planejamento da Capacidade de Longo Prazo, *Resource Requirement Planning* (RRP), ou simplesmente de Planejamento de recursos, *Resource Planning* (RP). Este planejamento de capacidade está inserido no Planejamento de Vendas e Operações, ou *Sales and Operations Planning* (S&OP).

O S&OP tem por objetivo desenvolver um plano de negócios geral onde a produção está incluída no plano de operações. O plano de vendas e operações relaciona os objetivos estratégicos da empresa com as outras funções (*marketing*, planejamento funcional, planejamento de recursos humanos, finanças, entre outros) (VOLLMANN et al., 2006). O S&OP está ligado ao planejamento da demanda, relacionando toda a demanda com a capacidade de produção. Ocorrendo as variações entre a demanda prevista e a real, o plano de operação acaba sofrendo alterações. O planejamento da capacidade de longo prazo (RRP) subsidia as decisões do S&OP, já que os recursos disponíveis e necessários atuam como restrição na execução do planejamento do S&OP (VOLLMANN et al., 2006).

Corrêa, Gianesi e Caon (2007) citam como objetivos do RRP a definição das necessidades da manutenção da capacidade de recursos em longo prazo (meses) e a disponibilização das informações para a tomada de decisão do quanto produzir de cada produto para atender ao plano de venda.

Devido a potenciais variações de demanda, as respostas sobre as capacidades disponíveis no S&OP devem ser ágeis, apoiadas em cálculos e planilhas flexíveis, para abastecer as tomadas de decisões dependentes da disponibilidade de grupos de recursos críticos (CORRÊA, GIANESI, CAON, 2007).

Segundo Corrêa, Gianesi e Caon (2007), vários fatores podem definir um recurso como sendo crítico: o recurso pode ser um gargalo ou uma restrição, sendo utilizado na sua capacidade máxima, restringindo assim todo o fluxo de produção da fábrica; o recurso pode executar um processo mais complicado, que necessite de algum esforço especial; o recurso pode sofrer com o *mix* de produtos produzidos, e dependendo do *mix*, o recurso pode virar um gargalo temporário; pode ocorrer em algum momento em que o recurso utilizará uma ferramenta especial para processar algum produto; e o recurso pode requerer um funcionamento contínuo, seja por alguma razão econômica ou de qualidade de processo.

Um planejamento eficiente no nível do S&OP auxiliará na redução dos níveis de estoque, na redução dos custos operacionais, no melhor aproveitamento da capacidade produtiva e em taxas de produção mais estáveis, promovendo uma maior visibilidade e estabilidade nas operações, pois possibilita a antecipação das dificuldades e das oportunidades do negócio da empresa (MATHEUS, HORTA, SOARES, 2005).

3.2 Plano Mestre de Produção e RCCP

Segundo Corrêa, Gianesi e Caon (2007), a análise dos recursos críticos ocorre através

do *Rough Cut Capacity Planning* (RCCP). Visando abastecer com informações o MPS, o RCCP tem como objetivos principais, antecipar necessidades de capacidade de recursos, gerar um plano de produção viável garantindo o que foi planejado no MPS e subsidiar as decisões do que será produzido quando houver limitações de recursos. Recursos podem passar por longos *setups*, necessitando de atenção especial, que dependendo da variedade dos produtos, pode virar uma restrição importante.

O MPS funciona como um tradutor do S&OP, definindo a quantidade, *mix* e o momento de produção. Outra característica do MPS é indicar a previsão de entrega dos produtos, alimentando o S&OP com informações que podem ser repassadas para os clientes. O MPS deve passar por atualizações constantes, informando quando os produtos estão sendo finalizados, mantendo assim os recursos de produção e o volume de produção afinados com o S&OP (VOLLMANN et al., 2006). No plano operacional, o MPS deve ser compatível com Planejamento de Necessidades de Material (MRP) (VOLLMANN et al., 2006).

3.3 Planejamento da Necessidade de Materiais

Segundo Zattar (2004), o sistema MRP define as necessidades brutas e líquidas de materiais, buscando atender necessidades criadas pelo Plano Mestre de Produção. Para que isso ocorra são necessárias três entradas básicas: Plano Mestre de Produção; arquivos de listas de materiais (arquivos com a estrutura de produto contêm informações sobre o produto, como características e os materiais utilizados na fabricação); e, arquivos de registro de estoque (cada item do estoque está registrado como um arquivo, sendo tratado individualmente).

Conforme Zattar (2004), o sistema MRP aponta o desdobramento da demanda independente de produtos acabados nas demandas dependentes (de componentes e matérias-primas). O Planejamento da Necessidade de Materiais é desenvolvido a partir das demandas dependentes utilizando: os tempos de produção e compra dos componentes, matérias-primas e submontagens; e os estoques disponíveis. No planejamento das necessidades dos produtos acabados, a data de entrega final é carregada no sistema, gerando, através do *lead time* de montagem dos produtos, a necessidade de produção dos itens para montagem do produto final (ALVAE, 2001). A partir do planejamento das necessidades de produtos acabados ocorre análise da necessidade de compra dos materiais (verificação se existe item no estoque), ou fica determinada a produção interna dos itens (ALVES, 2001). O próximo passo é gerar as listas de produtos intermediários, peças e matérias-primas que serão reunidas para realizar as submontagens e montagens finais (ZATTAR, 2004). Com as informações discriminadas acima, se realiza a explosão dos componentes, ou seja, a transformação da necessidade do produto final em necessidade dos componentes, analisando estoque existente e entregas de materiais programadas (VOLLMANN et al., 2006).

Corrêa, Gianesi e Caon (2007) afirmam que o MRP detalha as necessidades de componentes em todos os níveis para trás no horizonte de tempo (a partir da data de entrega), sendo esse um dos motivos de ser chamado de uma lógica de programação para trás. Tudo ocorre a partir da emissão da ordem de fabricação e a disponibilidade dos materiais para a produção, sendo o *lead time* uma informação básica para a definição do momento da disponibilidade dos materiais. O tempo de *lead time* de produção é composto pelos elementos: tempo de emissão da ordem; tempo de chegada até o responsável do chão de fábrica; tempo de preparação do material no almoxarifado; tempo de transporte do material até o local que será utilizado; tempo na fila de produção; *setup* das máquinas; tempos de processamento; e, tempos de inspeções da qualidade.

De acordo com Corrêa, Gianesi e Caon (2007), o MRP não possibilita uma simulação,

pois considera valores médios de tempo, não conseguindo considerar variações nos tempos de fila. Isso implica que os tempos utilizados são estimados como uma constante. Segundo Zattar (2004), o sistema MRP considera o *lead time* como uma característica do produto e não da ordem de produção, o que significa que não importa o tamanho da ordem, sempre será usado um tempo de *lead time* fixo, o que geralmente não corresponde à realidade do sistema produtivo. Essa consideração no dimensionamento do *lead time* pode acarretar atrasos no sistema produtivo ou um aumento nos níveis de estoque intermediário.

Conforme Ralston (2000), para controlar alguns itens por um sistema MRP, deve-se analisar alguns fatores críticos: produtos customizados ou produtos com freqüentes alterações de projeto; produto com ciclo de vida curto ou com muitas alterações; variações de demanda; e, produtos com pouca saída e com grandes intervalos de tempo. Zattar (2004) afirma que, mesmo com algumas restrições, a lógica MRP mostrou-se de grande utilização na análise da capacidade produtiva e horas de trabalho alocadas aos operadores, isso devido ao MRP ser uma programação de prioridades, baseada na data de entrega e que permite o fácil entendimento de sua lógica.

Para Corrêa, Gianesi e Caon (2007), o Planejamento de Curto Prazo (CRP) tem como objetivos principais: antecipar as necessidades de capacidade de curto prazo (algumas poucas semanas); e, gerar um plano de produção e compra (com ajustes se necessário). Depois de estabelecido o programa de produção para uma determinada semana, a fábrica deverá cumprir o programa definido desde que o mesmo seja viável. Ajustes na programação gerada poderão ocorrer devido à: problemas na produção e qualidade de execução (aumentam os tempos reais de algumas ordens de produção consideradas pelo sistema e deixam os recursos ocupados por um tempo maior que o planejado); tempos destinados para problemas de quebras de máquinas maiores que os planejados; atrasos no recebimento de materiais dos fornecedores (que podem deixar os recursos ociosos, diminuindo a capacidade dos mesmos); atraso no tempo de execução em algum recurso (pode impactar na ociosidade dos recursos posteriores, gerando perda de capacidade); e tempos de *setup* previstos baseados em valores médios e tempos reais de produção dependentes da seqüência com que são liberadas as ordens de produção nos centros de recursos. Conforme Corrêa, Gianesi e Caon (2007), o planejamento MRP pode repassar para a produção algumas situações aparentemente inviáveis, que deverão ser ajustadas na prática. Entre os ajustes mais comuns estão: diminuição de fila e movimentação, sobreposição de ordens, divisão de ordens, divisão de operações, seqüenciamento de ordens, utilização de roteiros alternativos e de horas extras não planejadas. Esse tipo de ajuste é necessário, pois o sistema MRP não trabalhar com parâmetros operacionais de chão de fábrica.

3.4 Controle do Chão de Fábrica

O controle do Chão de fábrica coleta e repassa informações obtidas na fábrica para o *Manufacturing Execution System* (MES), ou Sistema de Execução da Manufatura. De acordo com Mardegan, Martins e Oliveira (2003), dentre as informações obtidas pelo chão de fábrica, as utilizadas no planejamento, programação e controle da produção são as seguintes: quantidade de peças produzidas por turno; quantidade de peças produzidas por ordem de fabricação; quantidade de peças defeituosas; tempo de espera; tempo de fila; tempo de *setup*; tempo de máquina parada; tempos de processamento e movimentação; identificação de gargalos; localização dos lotes de fabricação (em qual etapa do processo cada lote se encontra); e capacidade utilizada.

Segundo Corrêa, Gianesi e Caon (2007), o MES é definido como um sistema de chão de fábrica orientado para a melhoria do desempenho do MRP II, complementando e

aperfeiçoando os sistemas integrados (S&OP, MPS e MRP) da produção. Essencialmente, o MES faz a ligação entre o sistema de planejamento e a fábrica. Segundo Vollmann et al. (2006), o nível de decisão do MES, o mais baixo (hierarquicamente) do processo do MRP II, a programação mais detalhada, tratando da seqüência de ordens dentro de um período curto de planejamento, responsável pela interface entre o sistema de planejamento e a fábrica.

O controle da produção é o principal objetivo do MES, pois considera o que foi produzido efetivamente e de que maneira foi produzido, permitindo comparações entre planejado e produzido, disparando ações corretivas quando verificado o não cumprimento do planejado. O módulo MES é responsável pela coleta dos dados e realimentação do que foi planejado, além de ações corretivas em cima do que não foi atingido, dessa maneira conseguindo rastrear as ordens de produção e gerenciar sua execução. O MRP indica quando liberar a execução de uma ordem de produção, cabendo ao MES acompanhar exatamente em que ponto se encontra a ordem já liberada (CORRÊA, GIANESI, CAON, 2007).

O MES libera e aloca as ordens de produção, operacionalizando a programação definida pelo MRP. A programação do MRP deve ser viável em termos de capacidade e materiais (CRP), pois o MES é responsável pelo processo de liberação de ordens e alocação de recursos, operacionalizando o planejamento definido no MRP/CRP (ZATTAR, 2004). Além de definir o período, a quantidade e os itens que devem ser produzidos, a programação da produção tem como função permitir que os produtos tenham a qualidade especificada, reduzir custos operacionais e estoques e manter ou melhorar o nível de atendimento ao cliente. A alocação da carga através dos centros de trabalho e a definição do seqüenciamento das tarefas é função do controle de chão de fábrica, o qual deve garantir a ordem de execução das tarefas (MOREIRA, 2006).

De acordo com Corrêa, Gianesi e Caon (2007), para garantir o que foi definido pelo MRP, devem ser tomados cuidados no seqüenciamento da produção, como a seqüência em que as ordens são produzidas e a verificação da capacidade necessária para a produção. O MES detalha os planos MRP e MRP II, complementando os recursos de planejamento do MRP II, abastecendo os programas com informações dos eventos de chão de fábrica na medida em que os mesmos estão ocorrendo.

Para Zattar (2004), um dos problemas verificados na implantação do MES, é a dificuldade de coletar informações precisas no chão de fábrica e com a freqüência adequada para satisfazer às características do sistema. Tais informações são a base do MES e garantem a funcionalidade do sistema.

Uma das dificuldades encontradas na utilização do MRP II está na lógica utilizada no nivelamento dos recursos produtivos, onde o planejamento ocorre com capacidade infinita e é necessário um ajuste da capacidade produtiva em um momento posterior ao planejamento. Esse fato acaba gerando dificuldade quando diferentes produtos e/ou projetos disputam os mesmos recursos de produção, tornando-os restritos e escassos. Nesses casos é necessário um seqüenciamento otimizado das atividades e uma gestão de demanda eficiente no curto prazo (QUEZADO, CARDOSO, TUBONO, 1999).

4 Sistemas com Capacidade Finita – FCS

Segundo Harrison (1993), para atingir uma boa programação da produção em qualquer nível hierárquico, algumas questões devem ser consideradas: o conhecimento dos gargalos produtivos; o balanceamento do fluxo com a capacidade dos gargalos produtivos; a sincronização dos recursos sem restrições pelo recurso gargalo, já que o gargalo vai ditar o ritmo da produção; o planejamento em pequenos lotes, facilitando o fluxo na linha de

produção; o tempo gasto com *setup*; e a utilização dos dados de *lead time* da produção e de entrega confiável.

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 quando o sistema de produção atingir níveis de complexidade que necessitem de sistemas computacionais de gestão de capacidade finita (CORRÊA, GIANESI, CAON, 2007). Segundo estes autores, os sistemas de programação da produção com capacidade finita aos poucos tem se tornado um módulo integrado aos sistemas ERP e MRP II.

Sistemas com capacidade finita têm como principal característica considerar como parte determinante no processo de decisão as restrições de capacidade do sistema produtivo, buscando tornar o que foi programado para a produção viável no chão de fábrica (ZATTAR, 2004). Os sistemas de capacidade finita consideram a capacidade produtiva e as características tecnológicas do sistema produtivo como uma restrição. Esses sistemas possibilitam ao usuário modelar o sistema produtivo (máquinas, mão-de-obra, calendário, entre outros), informando a demanda (previsão de vendas, MPS, prazo de entrega, entre outros), as condições atuais do sistema produtivo (quebra de máquinas, manutenções, entre outros) e alguns parâmetros utilizados na tomada de decisão (objetivos a serem atingidos, regras de liberação, etc.) (CORRÊA, GIANESI, CAON, 2007).

De acordo com Quinn e Novels (2001), as primeiras versões dos sistemas FCS (Sistemas com Capacidade Finita) eram bastante simples e limitadas, avaliando apenas a capacidade do recurso primário, ou seja, o primeiro recurso produtivo da linha ou recurso que inicia a produção, para executar a tarefa pedida. As primeiras versões de FCS também tinham a condição de elaborar um seqüenciamento para novas ordens a partir da data corrente (programação para frente). Com o passar do tempo foram implementadas as restrições múltiplas, para obter maior acuracidade no modelo representativo dos recursos da produção. No mesmo período foram surgindo alguns pacotes com a característica e capacidade de programar para trás, o que acabou proporcionando o desenvolvimento de diversas filosofias de programação de produção que conflitavam diretamente com o MRP.

Zattar (2004), afirma que para atender novas filosofias de produção como *Just-in-time* (JIT) e *Theory of Constraints* (TOC), desenvolvedores do FCS perceberam que deveriam torna-se mais flexíveis, incorporando melhorias básicas como a possibilidade de modelar toda e qualquer filosofia de produção dentro do FCS e estender o modelo com regras que integrem as políticas internas das empresas com a programação da produção.

Para conseguir esse objetivo, os sistemas FCS começaram a trabalhar uma maneira para suportar novas modelagens como a *job-based* (seqüenciamento baseado em trabalho), *resource-based* (seqüenciamento baseado nos recursos) e *event-based* (seqüenciamento baseado em eventos), entre outras. Com a aplicação dessas modelagens, os sistemas FCS começaram a reproduzir com uma maior precisão o ambiente do chão de fábrica e fazer parte do dia a dia dos planejadores, pois abasteciam os mesmos de informações sobre as restrições (ZATTAR, 2004).

Os sistemas de programação finita simulam tanto programação para frente quanto programação para trás. A programação para trás tem o prazo de entrega como referência para a programação da produção, sinalizando quando cada operação deverá começar e a data de necessidade da matéria-prima para todos os recursos, observando que quaisquer atrasos com relação às datas determinadas afetarão o prazo final. Já na programação para frente, utiliza-se

a data atual como referência para a programação da produção, onde fica determinado que cada trabalho será encerrado o mais cedo possível (VOLLMANN et al., 2006).

Para Vollmann et al. (2006), independente do modelo utilizado, toda a programação finita é uma simulação com dados de tempos estimados e com variabilidade nas variáveis incorporadas. Os resultados são simulações de cenários, o que gera a necessidade de reprogramações freqüentes da programação, o que pode acarretar em alto custo para empresa.

Os sistemas avançados de planejamento e programação (APS) evoluíram dos sistemas FCS para auxiliar nas funções de planejamento da produção, gerando o plano mestre de produção, fazendo a gestão dos materiais integrada com a gestão de capacidade, e elaborando a programação e o controle da produção. A evolução dos sistemas APS em relação aos FCS está na consideração das restrições de matéria-prima na programação da produção (SACCHELLI, ZATTAR, 2007).

5 Sistemas Avançados de Planejamento e Programação – APS

Segundo Zattar (2004), o sistema APS abrange uma grande variedade de ferramentas e técnicas, que analisam rapidamente alternativas de programação de produção, destacando as conseqüências e os problemas das possibilidades, e gerando as melhores alternativas para alocação de recursos produtivos. Este tipo de sistema responde por algumas características.

As características que definem os sistemas APS são: consideram simultaneamente os recursos materiais e tecnológicos; trabalham com algoritmos de otimização que tratam as restrições e as metas do negócio; tem a capacidade de prover planejamento e programação em tempo real, simulando cenários em poucos minutos, através do uso de memória residente; auxiliam as decisões em tempo real; executam programação do tipo ‘disponível para promessa’ em tempo real.

6 Metodologia da Pesquisa

O estudo proposto caracteriza-se como uma pesquisa-ação com abordagem quantitativa. A abordagem do problema é dita quantitativa, pois considera os dados mensuráveis de um determinado processo (SILVA, MENEZES, 2009).

A pesquisa-ação caracteriza-se pela participação dos pesquisadores ativamente nos fatos observados. Dentre os aspectos da pesquisa-ação podemos citar como os mais importantes (THIOLLENT, 2003): interação entre pesquisadores e pessoas implicadas no assunto investigado; a ordem de prioridade dos problemas que serão pesquisados e as soluções; e a pesquisa-ação tem como objetivo resolver ou esclarecer os problemas da situação observada.

Segundo Thiollent (2003), as orientações da metodologia pesquisa-ação, e etapas que podem ser utilizadas como orientação e desenvolvimento do estudo são: fase exploratória (nessa etapa ocorre levantamento bibliográfico, coleta de exemplos que facilitem a compreensão e, entrevistas com pessoa que possuem experiência prática com o objeto de pesquisa); fase de definição do problema (análise de fatores e informações da fase exploratória para definição do problema, análise da necessidade de solução e formulação adequada do problema (SILVA, MENEZES, 2001)); fase de elaboração do plano de ação (desenvolvimento de ações corretivas para soluções dos problemas); e, fase de divulgação dos resultados (apresentação dos resultados obtidos através do plano de ação, quantificando os ganhos reais que foram obtidos).

O que caracteriza e justifica o uso da pesquisa-ação nesse estudo, é a finalidade prática, tendo a participação e atuação dos pesquisadores nas situações analisadas, havendo

etapas a serem seguidas como as citadas acima. Porém, estas são flexíveis, dando liberdade aos pesquisadores de redefinir o objetivo que está sendo analisado ao longo do processo (THIOLLENT, 2003). Dois dos autores atuam na unidade de análise, e o terceiro é pesquisador na área de gestão tecnológica.

6.1 Metodologia Proposta

Com a competitividade imposta pelo mercado, as organizações buscam cada vez mais diferenciais que vão além da qualidade de produto e do preço reduzido, dentre eles o cumprimento do prazo de entrega, controle dos níveis de estoque de produtos acabados e em processo, os quais influenciam no desempenho da organização e cada vez mais são decisivos na disputa de mercado.

A metodologia proposta neste trabalho baseia-se na implantação de um sistema de programação da produção com capacidade finita, utilizado por Zattar (2003), e adaptado para as necessidades encontradas no PPCP da empresa analisada. A metodologia de Zattar (2003) abrange empresas que já possuem o setor de PPCP estruturado e ordenado, utilizando sistemas computacionais para tomada de decisão. No estudo proposto serão apresentadas as etapas e quais pontos importantes devem ser abordados durante o processo de implantação.

Na primeira fase serão implantadas as etapas de levantamento das características atuais do PPCP da empresa e, o levantamento dos problemas atuais relacionados ao processo de PPCP. Como produto destas etapas pode-se destacar o descritivo de como funciona o PPCP da empresa analisada e os motivos que justificam a implementação da programação com capacidade finita. Nesta etapa, os dados operacionais que serão utilizados no decorrer do trabalho devem ser levantados, por exemplo, a capacidade produtiva e as restrições operacionais e tecnológicas. A segunda fase tem início com a etapa de escolha do Sistema de Capacidade Finita de Produção. Os critérios de escolha estão estabelecidos com base na metodologia utilizada no estudo, e após essa definição, ocorre etapa de integração do sistema computacional desenvolvido com o sistema computacional existente no PPCP da empresa.

A próxima etapa é a de inserção das variáveis do processo e regras de seqüenciamento, definindo-se as variáveis que serão consideradas na programação do sistema computacional, atendendo ao tipo de produção e definições com relação às prioridades dentro do seqüenciamento das ordens de produção. A etapa de validação do sistema computacional serve para definir se o aplicativo computacional já está pronto para ser utilizado pela empresa. Nesta fase, os resultados obtidos com uma programação-teste são analisados e o programa sofre os ajustes e alterações necessárias para a efetiva utilização. Após os testes e ajustes do aplicativo, inicia-se a etapa de implantação do sistema computacional.

6.2 Aplicação da Metodologia Proposta

A TRAFÓ, empresa analisada neste estudo, tem a sua localização na cidade de Gravataí (RS), e concentra-se em soluções integradas para o mercado de transmissão e distribuição de energia, fornecendo subestações e fabricando transformadores, sendo o grupo composto ainda pela unidade localizada na cidade de Hortolândia (SP) e pela diretoria nacional de vendas localizada na cidade de São Paulo. A empresa conta com quatrocentos funcionários, que estão distribuídos entre setores administrativos e fabris. A matriz de Gravataí produz transformadores de Força e transformadores de Força e Potência, na faixa de até 150 MVA de potência e tensão máxima de 230 KV, obtendo uma produção de duzentos e oitenta e quatro transformados ao longo dos dois últimos anos (2007 e 2008) com faturamento aproximado de quatrocentos milhões de reais nesse período.

Os principais clientes dividem-se entre concessionárias de energia nacionais e

internacionais e indústrias como: Azaléia, Petrobrás, Grupo Gerdau, *City Of Tallahassee* (EUA), Codelco (Chile), entre outras. O sistema produtivo da TRAF0 está baseado em pedidos confirmados (pedidos firmes) com a produção sendo empurrada, onde os recursos empurram a ordem de fabricação para o recurso posterior, que promove a continuidade da produção.

7 Levantamento das Características Atuais do PPCP

O processo de fabricação do transformador é dividido em cinco etapas produtivas, uma etapa de inspeção e a última de embalagem. As cinco etapas produtivas são: Bobinagem, Núcleo, Colunas, Parte Ativa, Tratamento e Montagem Final, que executam as seguintes atividades. No processo Bobinagem são produzidas as bobinas dos transformadores, que são compostas pelos enrolamentos, e a quantidade de enrolamento varia em cada transformador, dependendo da classe de tensão e potência. Para fabricação dos enrolamentos são utilizados como matéria-prima o fio de cobre e os materiais isolantes (regletas, espaçadores, entre outros). No processo de Núcleo ocorrem a montagem do núcleo e o corte do núcleo, sendo essa atividade predecessora à montagem. O núcleo é composto pelas armaduras (ferro), material isolante (*epoxi*, calços de madeira e papelão) e a liga FeSi (ferro e Silício). A operação de corte do núcleo diminui a espessura e largura de cada núcleo, sendo definidos de acordo com a classe de tensão e potência. A montagem das colunas (encolunamento) tem como predecessora a bobinagem. Nessa etapa os enrolamentos são inseridos uns nos outros para formarem as colunas. A montagem das colunas utiliza somente material isolante (papelão) para sua execução.

A parte ativa é onde ocorre a operação chamada como inserção de colunas, onde as colunas são inseridas no núcleo. São utilizados os seguintes materiais: comutador e material isolante (papelão e madeira). Após a etapa seguinte (tratamento), a parte ativa retorna ao setor para passar pela operação de Reaperto. Após a montagem da parte ativa, a mesma será colocada nas autoclaves dentro das estufas para o processo de tratamento (secagem). A classe de tensão define se a parte ativa será tratada com vácuo fino (tensões menores que 138KV) ou vapor *phase* (tensões maiores de 138 KV).

O processo de Montagem Final ocorre após o reaperto da parte ativa, sendo a mesma colocada dentro do tanque. Nessa etapa serão montados os componentes externos (buchas, painel, tubulações, entre outros) e ocorre a colocação de óleo mineral ou vegetal dentro do transformador para isolar a parte ativa. Logo após o processo de montagem final o transformador passa pelo Teste, que ocorre com a presença do cliente e a partir da aprovação dessa etapa o transformador passa pelo setor de embalagem, sendo desmontado e embalado para transporte. Essas etapas estão incluídas na programação de fábrica. O setor de PPCP trabalha com o sistema computacional MRP II fornecido pela empresa MAXPROD e utiliza as seguintes operações desse sistema: geração de Requisição de Compra de Material (RCM), o carregamento dos recursos produtivos e a atualização do *lead time* dos produtos. Para gerar a programação de fábrica é utilizado o aplicativo computacional *Microsoft Project*. O *lead time* dos produtos é definido pelo setor de engenharia, sendo atualizados pelo PPCP no momento do cadastro das aplicações, sendo que os mesmos possuem variações de acordo com a complexidade do projeto.

As informações relacionadas à quantidade de funcionários e quantidade de máquinas disponíveis foram levantadas no momento da estruturação do setor de PPCP da empresa e as possíveis alterações (diminuição de equipes de manufatura, máquinas quebradas, entre outros) são informadas pelos coordenadores de cada recurso produtivo para que haja análise dos impactos. Os *lead times* de produção dos transformadores foram divididos em quatro modelos

de acordo com a sua classe de tensão e potência, sendo esse *lead time* utilizado para carregar no MRP II.

A Programação de Materiais gera as RCMs conforme prazo de entrega carregado no MRP II, controlando o nível de estoque e ressuprimento e gerando Ordens de Fabricação (OFs). A Programação de Engenharia cadastra as aplicações (pedido de fabricação e não conformidade), gera cronogramas de fabricação, elabora a programação de engenharia, atualiza planilha de faturamento e atualiza o *lead time* dos produtos. A Programação de Fábrica gera a programação fina de fábrica, realiza o controle da produção e convoca clientes para inspeção final. O *follow-up* ajusta a data de entrega dos materiais com o fornecedor para atender a programação da fábrica. O Coordenador executa o planejamento da capacidade produtiva. O Gerente define as diretrizes que devem ser seguidas no planejamento e programação da produção.

Fluxo do pedido de fabricação está descrito da seguinte forma: recebimento do pedido de fabricação (envio do cronograma inicial de fabricação, cadastro na planilha de faturamento, programação da engenharia e envio do pedido para o setor de engenharia); cadastro da estrutura do pedido (essa atividade é realizada pelo setor de engenharia, não sendo necessária a sua abordagem no presente trabalho); cadastro da aplicação (vincular cada aplicação, nome dado a cada pedido de fabricação, a respectiva estrutura designada pela engenharia de acordo com classe de tensão e potência do transformador); explosão dos materiais (gerar RCM com a quantidade e a data de necessidade de cada material); programação de fábrica (incluir a aplicação no programa-mestre de produção, repassando a data de necessidade dos materiais para o *follow-up*); monitoramento da chegada de materiais (confirmar semanalmente e reprogramar se necessário, as datas de entrega da matéria-prima, atendendo a necessidade da programação de fábrica); e, controle da produção (controlar andamento da produção e convocar o cliente para testes finais).

8 Considerações Finais

Os sistemas APS trazem como vantagens na sua utilização características importantes para programação e planejamento fabril. Dentre essas vantagens podemos citar, rapidez e *performance* na simulação de cenários produtivos e a utilização do conceito de programação por capacidade finita dos recursos, considerando a real disponibilidade dos recursos e suas restrições. A implantação do sistema computacional mostrou-se uma ferramenta fundamental na estrutura funcional do PPCP da empresa estudada, sendo a programação proposta baseada nos conceitos de sistemas APS.

Os maiores problemas encontrados foram a carência de dados com medição correta, como, por exemplo: *lead time*, disponibilidade de máquinas e medição de horas trabalhadas. A desatualização do sistema computacional utilizado para gerenciar o MRP II constituiu-se como um obstáculo para a implantação do ‘Sistema Computacional TRAF0’ (SCT) na empresa, sendo necessário utilizar-se da experiência e conhecimento dos colaboradores para prover ao sistema computacional SCT algumas informações essenciais que não eram fornecidas pelo MRP II. Os objetivos traçados através da metodologia de implantação adaptada de Zattar (2003) mostraram-se de fácil compreensão, sendo que todas as etapas foram cumpridas. O sistema computacional SCT apresentou boa resposta na resolução dos problemas levantados durante o processo, melhorando a imagem da empresa TRAF0 junto aos seus clientes e garantindo um melhor desempenho e controle do sistema de produção da empresa.

A implantação do sistema computacional com características APS, mostrou-se eficaz

para o sistema produtivo utilizado na empresa, atendendo as suas expectativas de programação e trazendo, por conseguinte benefícios com relação a custos e relacionamentos internos e externos. A integração dos programas *Microsoft Excel* e *Project* atingiu os resultados esperados no planejamento e programação de produção, respeitando as determinações repassadas pela alta gerência para contenção de gastos. Porém, essa ferramenta tende a tornar-se ineficiente quando o nível de complexidade do sistema produtivo necessitar de soluções lógicas e matemáticas que demandem a incorporação de mais recursos nas análises.

Referências

- ALVES, J. M. MRP II e Manufatura Enxuta: Vantagens, Limitações e Integração. In: Encontro Nacional de Engenharia de Produção, XXI, Salvador. *Anais...* Associação Brasileira de Engenharia de Produção: ABEPRO, 2001. CD-ROM.
- CELESTINO, U.; ABE, J. M.; COSTA, I.; CRISTOVÃO, A. M.; WEN, T. C. Avaliação da Qualidade de Produto de Software Utilizando Lógica Paraconsistente Anotada: Estudo de Caso com Software ERP. Santa Maria, RS: UFSM, 2009. Disponível em: <http://www.ingepro.com.br/index.php/ingepro>. Acesso em: 10/05/2009.
- CIFFONI, H.; HOSHINO, R.; ASSAD, W. Integração de Sistemas Seqüenciamento e ERP para Solução de Problemas de Alteração de Ordens de Produção Devido a Eventos Inesperados. Porto Alegre, RS: UFRGS/NIEE: Núcleo de Informática, 2009. Disponível em: <http://www.niee.ufrgs.br>. Acesso em: 15/05/2009.
- CORRÊA, H. L.; GIANESI, I. G.; CAON, M. *Planejamento, Programação e Controle da Produção*. São Paulo: Atlas, 2007.
- FAÉ, C. S.; ERHART, A. A Introdução das Ferramentas APS nos Sistemas de Planejamento, Programação e Controle da Produção. In: Encontro Nacional de Engenharia de Produção, XXV, Porto Alegre. *Anais...* Associação Brasileira de Engenharia de Produção: ABEPRO, 2005. CD-ROM.
- FERREIRA, J.; ZATTAR, I. Vantagens da Utilização de Sistemas Híbridos para o Planejamento da Produção. Florianópolis, SC: UFSC/GRIMA: Grupo de Integração da Manufatura, 2009. Disponível em: www.grima.ufsc.br. Acesso em: 14/06/2009.
- GIACON, E.; MESQUITA, M. Estudo da Implantação de um Sistema de Programação Detalhada de Produção em uma Empresa de Fabricação de Embalagens Metálicas. In: Encontro Nacional de Engenharia de Produção, XXVIII, São Paulo. *Anais...* Associação Brasileira de Engenharia de Produção: ABEPRO, 2008. CD-ROM.
- HARRISON, M. Finite Scheduling in Perspective. *BPICS Control*, v.19, n.1, p.33-37, January, 1993.
- HICKS, D. A. The Manager's Guide to Supply Chain and Logistics Problem-Solving Tools and Techniques. *IIIE Solutions*, v.29, n.10, p.24-29, 1997.
- LINKE, P. P.; CHAVES, C. J. A.; ESPINHA, P. G.; TSUKUDA, F.; NARCISO, V. S. Programação e Controle de Produção na Perspectiva do Gestor de Produção de Indústrias de Confecções da Cidade de Maringá: Uma Abordagem Qualitativa. In: Simpósio de Engenharia de Produção, XV, Bauru. *Anais...* Universidade Estadual Paulista: UNESP, 2008. CD-ROM.
- LOPES, R. A.; LIMA, J. F. G. Planejamento e Controle da Produção: Um Estudo de Caso no Setor de Artigos Esportivos de uma Indústria Manufatureira. In: Encontro Nacional de Engenharia de Produção, XXVIII, São Paulo. *Anais...* Associação Brasileira de Engenharia de Produção: ABEPRO, 2008. CD-ROM.
- MARDEGAN, R.; MARTINS, V.; OLIVEIRA, J. F. G. Estudo da Integração entre Sistemas SCADA, MES e ERP em Empresas de Manufatura Discreta que Utilizam Processos de Usinagem. In: Encontro Nacional de Engenharia de Produção, XXIII, Ouro Preto. *Anais...* Associação Brasileira de Engenharia de Produção: ABEPRO, 2003. CD-ROM.
- MATHEUS, L. F.; HORTA, L. C.; SOARES, H. B. Proposição de Ações Estratégicas para Superação das Barreiras e Efetiva Implantação do Processo de Planejamento Integrado (S&OP). In: Encontro Nacional de Engenharia de Produção, XXI, São Paulo. *Anais...* Associação Brasileira de Engenharia de Produção: ABEPRO, 2005. CD-ROM.

- MOREIRA, D. A. *Administração da Produção e Operações*. São Paulo: Thomson Learning, 2006.
- NETTO, O. J. C.; VIEIRA, G. E. Proposta e Aplicação de uma Metodologia de Análise e Revisão na Implantação de um Sistema de Planejamento da Produção em Empresa de Cosméticos: Um Estudo de Caso. In: Simpósio de Engenharia de Produção, XIV, Bauru. *Anais...* Universidade Estadual Paulista: UNESP, 2007. CD-ROM.
- PEDROSO, M. C.; CORRÊA, H. L. Sistemas de Programação da Produção com Capacidade Finita: Uma Decisão Estratégica? *RAE: Revista de Administração de Empresas*, v.36, n.4, p.60-73, out.-nov.-dez., 1996.
- QUEZADO, P. C.; CARDOSO, C. R.; TUBINO, D. F. Programação e Controle da Produção sob Encomenda Utilizando PERT/CPM e Heurísticas. In: Encontro Nacional de Engenharia de Produção, XIX, Rio de Janeiro. *Anais...* Associação Brasileira de Engenharia de Produção: ABEPRO, 1999. CD-ROM.
- QUINN, G.; NOVELS, M. Analyzing Production Schedules. *IIE*, v.33, n.2, p.38-42, February, 2001.
- RALSTON, D. A. Overview of Planning and Scheduling Technologies. *Latin-American Applied Research Proceedings*, v.30, p.285-293, April, 2000.
- REVISTA TECNOLÓGICA online (2003). FMC Ganha Agilidade e Diminui Custos com Nova Ferramenta APS. Disponível em: <http://www.tecmaran.com>. Acesso em: 18/06/2009.
- RITZMAN, L. P.; KRAJEWSKY, L. J. *Administração da Produção e Operações*. São Paulo: Prentice Hall, 2004.
- SACHELLI, C. M.; ZATTAR, I. C. *Otimização da Programação e Seqüenciamento da Produção em um Tratamento Térmico com a Utilização de Sistemas de Capacidade Finita*. Santa Catarina: IST, 2007.
- SANTOS, E. M.; SILVA, L. F. N. Sistemas Híbridos: Uma Tendência da Administração da Produção. In: Simpósio de Engenharia de Produção, VII, Bauru. *Anais...* Universidade Estadual Paulista: UNESP, 2000. CD-ROM.
- SILVA, E. D.; MENEZES, E. M. Metodologia da Pesquisa e Elaboração de Dissertação. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), 3.ed., 2001. Disponível em: <http://www.ufsc.br>. Acesso em: 20/05/2009.
- TEIXEIRA-JÚNIOR, R. F. Um Exemplo de Implantação e Operacionalização de um Sistema de Planejamento e Programação Avançados (APS). In: Simpósio de Engenharia de Produção, XV, Bauru. *Anais...* Universidade Estadual Paulista: UNESP, 2008. CD-ROM.
- THIOLLENT, M. *Metodologia da Pesquisa-Ação*. São Paulo: Cortez, 2003.
- VIEIRA, G. E.; SOARES, L. M. Aplicação de um Sistema Avançado de Planejamento e Programação da Produção a uma Empresa de Autopeças: Um Estudo de Caso. In: Encontro Nacional de Engenharia de Produção, XXIII, Ouro Preto. *Anais...* Associação Brasileira de Engenharia de Produção: ABEPRO, 2003. CD-ROM.
- VOLLMANN, Thomas E.; BERRY, William L.; WHYBARK, David C. *Manufacturing Planning and Control Systems*. 4.ed. Boston: McGraw-Hill, 1997.
- ZATTAR, Izabel C. Análise da Aplicação dos Sistemas Baseados no Conceito de Capacidade Finita nos Diversos Níveis da Administração da Manufatura Através de Estudos de Caso. Dissertação – Engenharia Mecânica, UFSC, Florianópolis, 2004.
- ZATTAR, Izabel C. Metodologia para Implantação de um Sistema de Programação da Produção com Capacidade Finita em Empresas Prestadoras de Serviços. Monografia de Graduação – Tecnologia em Mecânica, SOCIESC, SC, 2003.