

NIVELAMENTO DE CAPACIDADE DE PRODUÇÃO EM SISTEMA HÍBRIDO DE COORDENAÇÃO DE ORDENS DE PRODUÇÃO

Larissa Elaine Dantas de Araújo (EESC-USP)

laaraujo@sc.usp.br

Antonio Freitas Rentes (EESC-USP)

rentes@sc.usp.br



A Produção Enxuta tem sido um dos principais paradigmas de Gestão da Produção implantados nas indústrias nos últimos tempos. Sua filosofia e ferramentas aplicam-se a muitos dos diversos tipos de sistemas produtivos. Um dos principais elementos é a busca pela estabilidade dos processos e operações, que possui como alternativa a aplicação do nivelamento da produção, como forma de obtenção de uma programação melhor distribuída em termos de volume e variedade e melhor controle produtivo. Para que este nivelamento seja corretamente operacionalizado e efetivado, utiliza-se a Gestão Visual - característica dos sistemas enxutos. Com isso, a programação é evidenciada por meio do quadro de nivelamento - heijunka box. Utilizando as referências encontradas na literatura e acrescentando-se o conhecimento gerado por meio de pesquisa-ação em um sistema produtivo particular, este trabalho apresenta um modelo de sistema de nivelamento da produção para um sistema híbrido de coordenação de ordens de produção. São também apresentados os resultados de uma aplicação parcial deste sistema.

Palavras-chaves: Produção Enxuta, Nivelamento da Produção, Gestão visual, Quadro Heijunka

1. Introdução

A adoção de novas tecnologias configura-se como um imperativo no mercado competitivo, provocando mudanças estruturais em níveis macro e micro dentro da economia da organização.

No Manual do Oslo, OCDE (2004, p. 38), é colocado que “as empresas inovam para defender sua atual posição competitiva assim como para buscar novas vantagens em seu mercado”. Esse padrão inovador pode ser reativo ou pró-ativo.

A manufatura em massa tem sido rapidamente substituída pela produção de ampla variedade, para a qual a Produção Enxuta (derivada do sistema de produção desenvolvido na Toyota, o chamado “Sistema Toyota de Produção” – STP) tem desenvolvido papel fundamental. A inovação implementada pela Produção Enxuta é de ordem organizacional, representando “a implementação de um novo método organizacional nas práticas de negócios da empresa, na organização de seu local de trabalho ou em suas relações externas” (OCDE, 2004).

Godinho Filho e Fernandes (2005) consideram a Manufatura Enxuta como um dos paradigmas existentes dentro da moderna literatura de Gestão da Produção. O objetivo desses paradigmas é manter a competitividade no mundo atual globalizado, pois possuem papel estratégico por auxiliar no alcance dos objetivos de desempenho.

As atividades que constituem o planejamento e controle da produção são críticas para qualquer sistema produtivo. Nos sistemas de produção enxutos, ocorre a descentralização dessas atividades, devida principalmente à existência de ferramentas que permitem operacionalização da programação no próprio chão-de-fábrica.

O nivelamento aplicado à produção e o dispositivo de gestão visual que evidencia e operacionaliza esse nivelamento – *heijunka box* – são ferramentas que irão auxiliar na minimização dos problemas relacionados às atividades de planejamento e controle dos sistemas enxutos.

Este trabalho tem como objetivo desenvolver um sistema de nivelamento da produção com utilização de quadro *Heijunka* que permita a efetiva programação nivelada atendendo aos requisitos de uma organização particular. Tem-se como abordagem prática a realização de uma pesquisa-ação.

Este artigo está estruturado em cinco seções. Na primeira é feita a descrição do método de pesquisa, coerente com o objetivo da pesquisa. Na segunda seção é exposta a revisão de literatura permitindo alinhamento conceitual para direcionamento da investigação e discussões. Em seguida é apresentada a coleta de dados, descrevendo as informações relevantes obtidas por meio da Pesquisa-ação. A quarta seção trata da descrição do modelo de sistema de nivelamento desenvolvido – resultado da pesquisa –, permitindo que, por fim, seja conduzida a conclusão deste trabalho, apontando suas limitações e oportunidades de pesquisas futuras.

2. Método de Pesquisa

Esta pesquisa tem uma abordagem qualitativa voltada ao desenvolvimento de um sistema de nivelamento da produção, portanto, interpretação de uma situação específica, cujas análises e classificações são feitas de forma subjetiva. Assim, os dados coletados são de natureza descritiva, em detrimento de análises numéricas. O ambiente natural é a fonte direta de coleta de dados, permitindo um estudo causal (SILVA; MENEZES, 2005).

O método de pesquisa utilizado é o da Pesquisa-ação. O conceito clássico de pesquisa-ação dado por Thiollent (2000) é de que “a pesquisa-ação é um tipo de pesquisa social com base empírica que é concebida e realizada em estreita associação com uma ação ou com a resolução de um problema coletivo e no qual os pesquisadores e os participantes representativos da situação ou do problema estão envolvidos de modo cooperativo ou participativo”. Com o objetivo de desenvolver um sistema de nivelamento para um sistema produtivo específico, o método da pesquisa-ação é aplicável na medida em que utiliza os conceitos e desenvolve uma ferramenta da Produção Enxuta no contexto de uma organização.

Ainda pode-se dividir a pesquisa-ação em três conceituações diferentes: pesquisa-ação colaborativa, pesquisa ação crítica e pesquisa ação estratégica, dependendo respectivamente de quem desencadeia a motivação para a ação, grupo, pesquisador e grupo, e pesquisador. Pesquisa-ação colaborativa, na qual é baseado esse trabalho, é aquela em que a função do pesquisador é de, a partir da busca de transformação pelo grupo, fazer parte e cientificar o processo de mudança (FRANCO, 2005).

3. Revisão Bibliográfica

3.1 Produção Enxuta

Para Hines, Holweg e Rich (2004), as inovações advindas da indústria japonesa, principalmente a *Toyota Motor Company*, resultaram da escassez de recursos e competição doméstica do mercado local de automóveis. Por isso, o novo paradigma de gestão enxuta de operações foca a eliminação de desperdícios e excessos, representando um modelo alternativo à produção em massa (com altos inventários, plantas dedicadas e desperdícios escondidos).

A chave para as operações da Toyota era a flexibilidade. Isso permitiu descobrir que quando o *lead time* (tempo de atravessamento) é reduzido e existe um esforço contínuo para manter flexíveis as linhas de produção, são melhoradas a qualidade, a produtividade e a utilização dos equipamentos e dos espaços, obtendo-se ainda melhor resposta dos clientes (LIKER, 2005).

Após o advento do termo Produção Enxuta na década de 1990, muitas plantas industriais têm implantado o Sistema Toyota de Produção ao redor do mundo, de modo que se pode afirmar que esse sistema funciona em qualquer região (KASUL; MOTWANI, 1997). Favaretto *et al.* (2002) afirmaram que no ocidente a implementação da Produção Enxuta nas fábricas tem sido feita de forma adaptada das técnicas japonesas de gestão da produção, substituindo as antigas práticas - rígidas e inflexíveis - de controle e gestão do chão de fábrica.

Para Motwani (2003), há muitas ferramentas disponíveis para se alcançar a manufatura enxuta e, apesar de muitas delas serem implementadas individualmente, o potencial completo da companhia não pode ser atingido sem a implementação de todas as iniciativas. Assim, elas constituem sistemas fortemente integrados. Como resultado tem-se a redução dos *lead times*, gerenciamento *just-in-time*, diminuição dos custos, fluxo contínuo de produção, melhoria na satisfação no trabalho, maior produtividade, menores inventários e maiores níveis de qualidade (KASUL; MOTWANI, 1997).

3.2 Planejamento e Controle da Produção em Sistemas Enxutos

Para a programação da produção em ambientes enxutos há um imperativo pela estabilidade. O planejamento da produção e das próprias ações de melhoria só pode ser executado em um ambiente sob controle e previsível. Para Ghinato (2000) e Kamada (2007) a estabilidade é um dos pontos mais importantes de sustentação do Sistema Toyota de Produção, devendo ser o foco inicial na implementação enxuta.

A produção puxada é uma das principais iniciativas para o alcance da estabilidade. É interessante lembrar que “um sistema empurrado ‘programa’ o trabalho a ser feito baseado na demanda, enquanto um sistema puxado ‘autoriza’ o trabalho a ser feito baseado no status do sistema” (HOPP; SPEARMAN, 2000, p. 340).

A programação puxada surgiu exatamente da análise de contextos em que a variabilidade de demanda levava ou aumentava a mesma tendência à produção. Determinou-se a necessidade de um sistema de controle reflexivo de produção – em que cada ponto de produção sinaliza suas necessidades para a operação anterior –, ao invés de um sistema cognitivo de programação – colocando todas as informações num ponto centralizado de tomada de decisão (SMALLEY, 2004).

Na programação puxada não há necessidade de programar todas as estações. O próprio sistema através de sinalizações simples como o *kanban* – forma mais conhecida de programar na produção puxada – informa aos operadores o que produzir e quando produzir.

“O controle *kanban* é um método de operacionalizar o sistema de planejamento e controle puxado”. *Kanban* é a denominação japonesa para cartão ou sinal. Através do uso desses cartões, são programados os centros de trabalho – eles são os meios pelos quais a produção, o transporte ou o fornecimento podem ser autorizados (SLACK et al., 2002, p. 494).

3.3 Sistemas Híbridos de Coordenação de Ordens de Produção

Foi observado que a maioria dos sistemas no mundo são atualmente híbridos ou misturas da lógica puxada e empurrada (HOPP; SPEARMAN, 2000). Também para Fernandes e Godinho Filho (2007), os sistemas de coordenação de ordens recentemente criados são híbridos.

Na definição de Fernandes e Godinho Filho (2007, p. 339), os sistemas híbridos são aqueles “onde há simultaneamente alguma regra de controle com base no nível de estoque, usada em pelo menos um estágio produtivo e, pelo menos um estágio produtivo é programado pelo departamento de PCP”. É como exemplifica Bonney et al. (1999), que para o TPS, sistema classicamente puxado, é utilizado o fluxo de informação empurrado para a produção de veículos e fluxo de informação puxada baseada em *kanbans* para linhas de montagem. Scarpelli (2006) considera que em um sistema híbrido, as ordens são emitidas tanto para satisfazer níveis pré-estabelecidos de estoque, quanto para pedidos específicos de clientes.

Os sistemas híbridos mais conhecidos são aqueles que combinam MRP e JIT e fomentam discussões sobre as melhores práticas de cada sistema e também formalizações de estruturas integradas, como é possível ver nos trabalhos de Gelders e Wassenhove (1985), Min-wei e Shi-lian (1992), Bonney et al. (1999) e Ho e Chang (2001), devendo sua configuração ser selecionada com base nas condições da empresa.

Rentes *et al.* (2005) consideram que uma unidade de produção é controlada por um sistema híbrido quando está associada a mais de um tipo de sistema de informação. Um exemplo seria de uma célula de produção atendendo tanto às ordens de produção quanto aos *kanbans* (Figura 1).

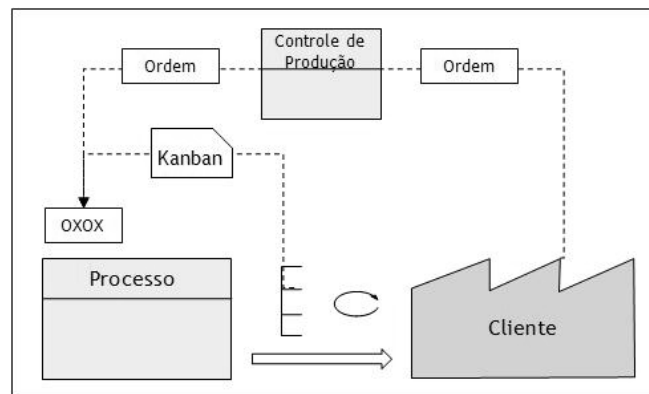


Figura 1 – Exemplo de utilização de um sistema híbrido
Fonte – Rentes et al., 2005

Assim, os sistemas híbridos caracterizam-se tanto quando há diferentes regras de controle para controle de materiais e de produção, quanto quando há diferentes regras de controle ao nível de emissão de ordens. A abordagem de sistema híbrido deste trabalho está baseada na descrição ilustrada.

3.4 Nivelamento da Produção

No trabalho de Menegon, Nazareno e Rentes (2003), são relacionados os desperdícios e as técnicas adotadas nos sistemas de Produção Enxuta. A Produção Nivelada é uma técnica que atua fortemente sobre os desperdícios de superprodução e inventário desnecessário (estoque) e tem atuação sobre o desperdício de espera. Ainda enfatizam que a Manufatura Enxuta possui dois importantes pontos de apoio em relação à programação: a Produção Puxada e a Produção Nivelada, que, se combinados, minimizam o principal tipo de desperdício - a superprodução.

Segundo Liker (2005), o foco mais comum das implementações de ferramentas enxutas está na identificação e eliminação de perdas. Mas, muitas empresas não conseguem alcançar o processo de estabilizar o sistema e criar uniformidade - um verdadeiro fluxo de trabalho enxuto equilibrado. O princípio talvez mais contra-intuitivo do modelo Toyota é esse nivelamento do plano de trabalho - o *heijunka*. Ele é fundamental para eliminar o desnivelamento (*mura*), cuja existência não permite que sejam evitadas as perdas (*muda*) e sobrecargas do sistema (*muri*).

De forma resumida, o nivelamento significa alimentar uniformemente a produção, enquanto atende a demanda dos clientes por vários produtos (CUMMINGS, 2007). É o método pelo qual se reduz ao máximo a variância das quantidades produzidas, para otimizar os recursos necessários (PRIOUL, 2008).

Por Rother e Harris (2002), é definido como uma distribuição igualada do volume e *mix* de produção ao longo do tempo. Converte a demanda puxada do consumidor em um processo de produção previsível, é usado em conjunto com outras ferramentas enxutas para estabilizar o fluxo de valor. É assim, um aspecto crucial para a criação do sistema de produção enxuto, porque é chave para se alcançar a estabilidade (REYNER; FLEMING, 2004; LIKER, 2005; JONES, 2006).

Para Niimi (2004), a solução no caso do nivelamento de volume é juntar todos os pedidos de um período (um mês, uma semana ou um dia), dividindo-os igualmente no tempo para conseguir nivelar a produção. Embora não se obtenha uma linha reta de produção, os altos e baixos têm menor variação e são mais previsíveis.

Para Furmans (2005, p. 243), o nivelamento de *mix* é um disciplinador de seqüência, que nivela a produção de diferentes produtos igualmente em um período definido que pode ser de um dia, um turno ou menos. “O objetivo é alcançar um fluxo constante de partes num modelo mixado de produção que fornece para um ou mais clientes num fluxo constante de diferentes partes”.

A principal e mais evidente vantagem do nivelamento está no fluxo estabilizado de produção, conseguido através da nova consideração de trabalhar a demanda do cliente no logo prazo. Furmans (2005) lembra que ao mesmo tempo em que se trabalha com nivelamento, obtém-se o benefício de gerar uma demanda constante de partes para os fornecedores, reduzindo ou eliminando a necessidade de manter estoques para conseguir trabalhar nos picos de demanda.

3.5 Quadros Heijunka

O *Heijunka box* é uma ferramenta visual usada em nivelamento para se alcançar seus propósitos. Jones (2006) lembra que o *Heijunka Box* auxilia no controle da produção de modo que o nivelamento seja atingido de forma consistente.

Este tipo de ferramenta também é considerada um dispositivo de gerenciamento visual, pois “os painéis são ferramentas de tomada de decisão e também de comunicação e sinalização” (GREIF, 1991, p.111). Para criar este tipo de gerenciamento Liker (2005, p. 162) indica que é necessário “pensar com criatividade utilizando os melhores meios disponíveis para criar um verdadeiro controle visual”.

Tardin (2001) indica que um dos pontos fortes do quadro é que a programação de produção deve ser feita no chão-de-fábrica, pelos próprios operadores. Estes quadros auxiliam para que as equipes trabalhem na ordem da demanda do cliente, muitas vezes complementados com o fluxo de informação (status da produção, disponibilidade de materiais, prontidão e anormalidades) sendo uma das ferramentas de gestão visual mais conhecidas nos ambientes de Produção Enxuta (NEESE, KONG, 2007).

Alguns modelos de quadro encontrados na literatura e suas formas de operacionalização estão descritos no trabalho de Araújo (2009).

4. Coleta de Dados

A realidade produtiva de referência é uma organização de grande porte que faz parte de um grupo de sete empresas, cada qual constituindo uma diferente unidade de negócio.

Fornecedora de componentes para quase todas as montadoras de automóveis com sede no Brasil, seus produtos são expedidos na frequência por elas determinada. Apenas dois de seus produtos são exportados, ainda em caráter esporádico.

Na sua carteira de clientes estão mais de cinco montadoras, mas para apenas uma delas é fornecedor exclusivo; além de uma de suas unidades de negócios para a qual fornece o produto em estágio intermediário de processamento. A carteira de produtos, por sua vez, possui mais de 150 itens diferentes. O dinamismo de colocação de novos itens e obsolescência de outros, acompanha o lançamento e retirada de linha dos modelos do mercado pelas montadoras.

A Figura 2 é o Mapa de Fluxo de Valor futuro resumido da empresa, constituindo um sistema produtivo com implantação de Produção Enxuta em algumas áreas.

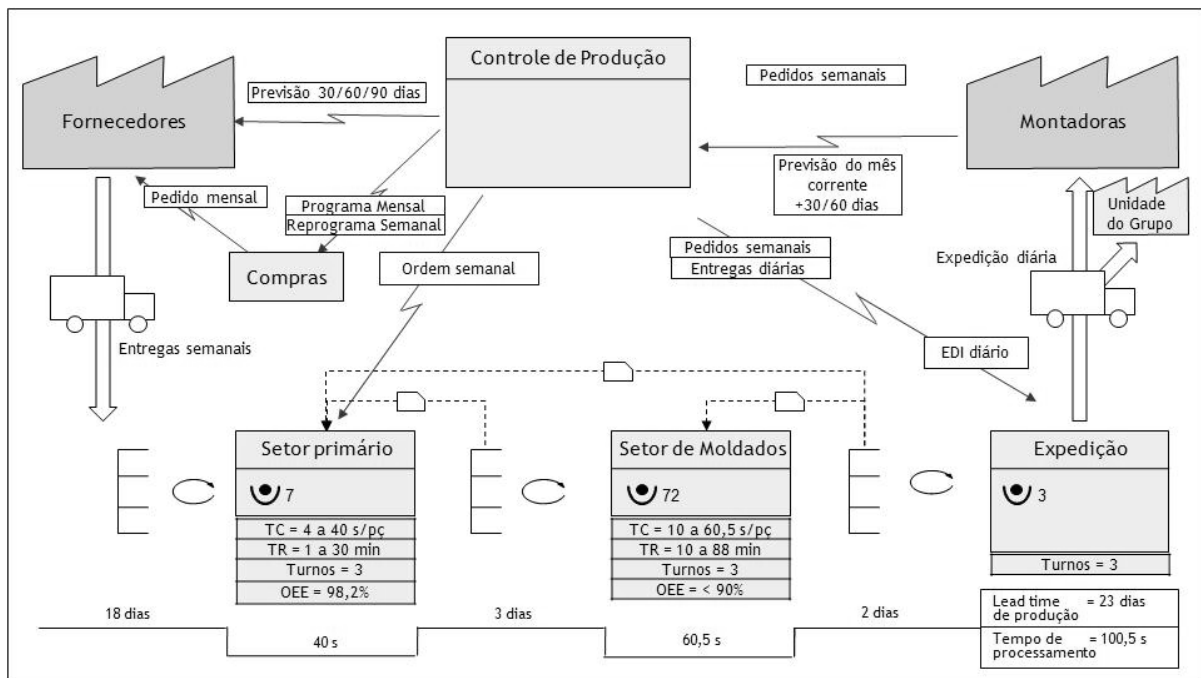


Figura 2 – Mapa de Fluxo de Valor da Empresa

As previsões de pedidos das montadoras recebidas pelo controle de produção dispararam os cálculos de programação de capacidade e de compra de matéria-prima. Semanalmente, os pedidos consolidados servem de referência para o envio diário dos produtos e para as reprogramações de obtenção de matérias-primas. Os fornecedores também realizam entregas semanais constituindo o supermercado de matérias-primas e componentes. Cada um dos setores produz de acordo com o consumo dos seus supermercados, ditado diretamente pelos produtos expedidos. Alguns itens menos frequentes são solicitados mediante ordens semanais de produção.

Na maioria dos centros produtivos de todos os setores as operações ocorrem em 3 turnos de produção de segunda a sábado.

É importante observar que o processo produtivo é caracterizado por:

- Produção em lotes ou bateladas (para linha de produtos relativamente estabilizada e variedade alta) múltiplos das quantidades determinadas pelo sistema *kanban*;
- Relativa utilização de estoques entre os estágios (supermercados), salvo para o processo do setor de Moldados, com células em fluxo contínuo;
- *Layout* funcional ou por processo;
- Processo feito para estoque - MTS (controlado com base na quantidade real ou antecipada do estoque de produtos acabados – também utilizado para demanda sazonal).

O recurso produtivo a ser nivelado com o sistema proposto está inserido no setor primário. Nesta fase, os produtos são menos numerosos que as opções finais, pois um mesmo item pode resultar em até 3 diferentes itens da carteira de produtos. Tal como em um processo feito por ordens - MTO, constitui um supermercado ao final da linha primária para customização dos itens no setor de moldados. Assim, o estoque final é controlado.

Conforme a Figura 3, este recurso é programado tanto pelo sistema *kanban* (itens mais frequentes e/ou de maior volume), quanto por meio de Ordens de Produção (itens esporádicos

em menor volume), caracterizando o sistema híbrido de coordenação de ordens de produção.

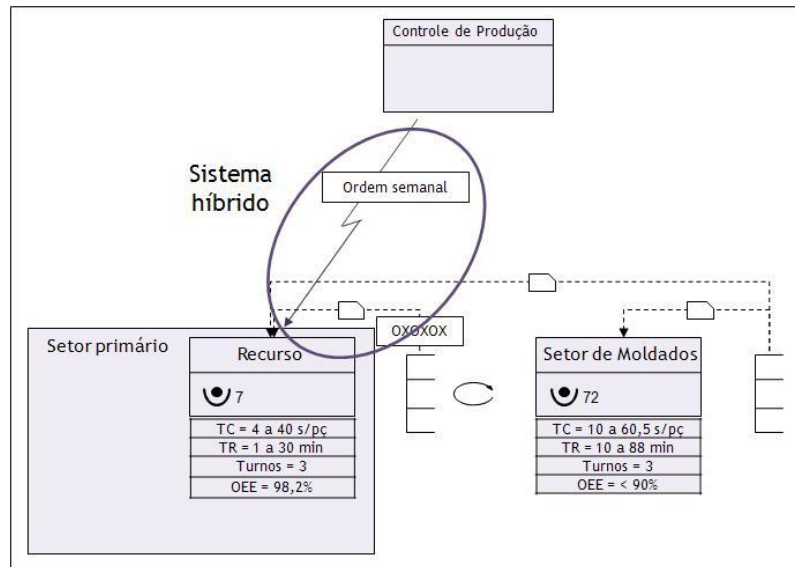


Figura 3 – Representação do recurso nivelado no sistema híbrido de coordenação de ordens de produção

Para a realização do trabalho, a empresa estava em fase de implantação, com auxílio de consultoria externa, da filosofia de produção enxuta, restando apenas alguns ajustes ao sistema, entre os quais a necessidade de nivelamento do recurso produtivo escolhido. As principais ferramentas implantadas foram: sistemas de controle *kanban* em diversas áreas de produção, SMED (troca rápida de ferramenta) em algumas máquinas, implantação de células e fluxo contínuo e melhorias no sistema de compra de matérias-primas.

A estrutura organizacional utilizada no trabalho de consultoria foi de uma equipe com 4 pessoas externas e 4 pessoas internas, envolvidas diretamente com a implantação. A equipe interna contou com o patrocinador do projeto (representado pelo diretor industrial da unidade produtiva), um líder e membros da equipe de implantação *lean*. A equipe externa de consultoria foi composta pelo consultor sênior, por um consultor pleno e dois consultores júnior. Os autores desta pesquisa estavam incluídos no grupo de consultoria. Os demais membros da empresa também foram envolvidos, pois sempre que necessário receberam treinamentos e/ou participaram dos projetos de forma colaborativa.

Para o trabalho de nivelamento especificamente, os membros da empresa incluídos na equipe foram o programador do recurso e o supervisor do setor primário no qual está inserido. Tais membros foram designados para garantir confiabilidade de dados e um projeto coerente com as condições do setor abordado.

As atividades realizadas foram desenvolvidas durante 9 semanas, contando com a presença da equipe externa dois dias consecutivos por semana. Tais atividades são abaixo descritas:

- Iniciando em meados de fevereiro do ano de 2008, foi identificada a necessidade de nivelamento do recurso, e iniciado o projeto que constituiu a pesquisa-ação;
- Nas duas semanas seguintes foi feito o levantamento dos dados necessários para constituir os bancos de dados dos produtos e do recurso (tais dados estão detalhados na próxima seção na descrição do sistema de nivelamento resultante do projeto);
- Paralelamente, os dados foram sendo confirmados com a equipe interna e o sistema desenhado;

- A partir de então, a planilha de nivelamento foi confeccionada. Para validá-la foram utilizadas as informações de necessidades de produção resultantes do quadro *kanban* e das ordens de produção lançadas para a semana anterior, simulando seu funcionamento e testando sua forma de apresentação no chão-de-fábrica (na forma de quadro *heijunka*);
- O passo seguinte foi a apresentação do sistema projetado aos gestores e o treinamento para os usuários, coletando novos requisitos e oportunidades de melhoria;
- Por problemas de conformidade do sistema *kanban* e conseqüentes mudanças no banco de dados dos produtos, foi necessário fazer um ajuste no sistema. Neste ponto particular a responsabilidade foi do programador e supervisor do setor (interna). Ainda, os novos requisitos identificados com a tentativa de validação foram incluídos no escopo do sistema;
- Por fim, foi tentada a implantação do sistema.

A tentativa de implantação foi uma ação que não desencadeou uma nova fase de pesquisa, já que, por problemas discutidos mais adiante, o sistema não foi de fato implantado. Entendeu-se que na semana para a qual estava programada continuou-se o aperfeiçoamento do sistema, já que as melhorias necessárias de responsabilidade interna da organização permaneceram incompletas. Estas mudanças que não foram efetuadas inviabilizaram uma validação consistente do projeto.

Assim, no período aproximado de 2 meses de atividade conjunta entre pesquisador e membros da organização foi desenvolvido o sistema de nivelamento que é descrito a seguir.

5. Resultados

Baseado na realidade exposta anteriormente e nos requisitos coletados para consolidação da pesquisa é colocada a estrutura do Sistema de Nivelamento da Produção proposto na Figura 4.

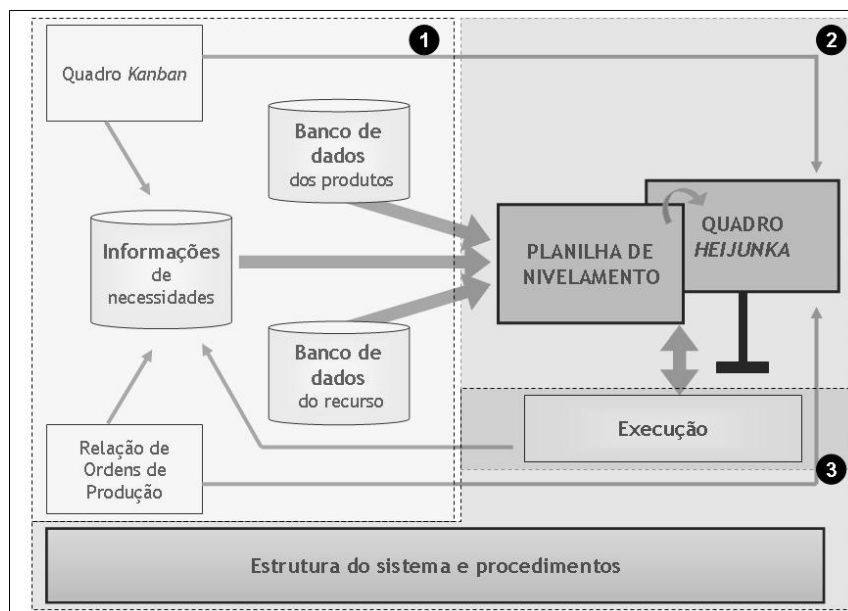


Figura 4 – Sistema de Nivelamento da Produção

As informações de necessidades de produtos para a produção têm base nas indicações dos quadros *Kanban* (para itens obedecendo a essa forma de programação e controle) e na relação de ordens de produção (OPs) programadas. Agrupando-se essas informações aos dados dos produtos e do recurso, elabora-se a planilha de nivelamento, contendo a programação do

período desejado. As informações da planilha são expostas em quadro *heijunka*, para que seja executada e cumprida a programação. O quadro *heijunka* também será alimentado pelos cartões do quadro *kanban* e pelas OPs impressas. A execução permitirá uma retro-alimentação da programação, podendo-se ainda ter um novo cenário de necessidades, sendo oportuno alterar essas informações e redimensionar o sistema. Para correto funcionamento do sistema devem ser cuidadosamente desenhados sua estrutura e procedimentos, representando sua base.

Assim, pode-se verificar que o sistema é dividido em 3 principais áreas: entrada dos dados, processamento e disponibilização da programação, e execução e controle do sistema. A abrangência de cada uma das áreas, representadas por 1, 2 e 3, respectivamente, em relação aos elementos contidos na estrutura está também ilustrada na Figura 4.

O quadro de nivelamento constituirá a exibição das informações de programação relativas a:

- Distribuição de produtos;
- Quantidades programadas;
- Capacidade alocada do recurso, e;
- Forma de controle dos itens programados.

No sistema proposto, a planilha de nivelamento é um arquivo digital que deve ser impresso no tamanho do quadro físico disponível para exibí-la. No ambiente para o qual foi desenhada, a planilha é impressa no tamanho de 1,50m x 0,75m e fixada no quadro.

O quadro de nivelamento deverá ter também um espaço para colocação das Ordens de Produção impressas e dos cartões *kanban* relativos aos produtos programados na planilha.

A Figura 5 representa um quadro de nivelamento preenchido para evidenciar as diversas variáveis contempladas na elaboração da planilha. Os valores e dados utilizados servem para ilustrar sua apresentação final e configurações possíveis, representando a situação real de programação de uma semana sem nivelamento.

PLANILHA DE PROGRAMAÇÃO									PROGRAMAÇÃO DO DIA																										
Setup	Item 1	Setup	Item 2	Setup	Item 3	Setup	Item 4	Setup	Item 5	Horas Totais/dia	08:00	09:00	10:00	10:30	11:00	11:30	12:00	13:00	14:00	14:30	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00	22:00	23:00	00:00	01:00	02:00	03:00	04:00	05:00
Segunda	Setup 72.26.0249-8		72.29.0134-5	Setup						21,5	[Grid of K, M, O, S symbols]																								
Terça	72.10.0032-8	Setup 72.26.0253-1		72.29.0069-3						24,5	[Grid of K, M, O, S symbols]																								
Quarta	72.26.0279-7		72.29.0155-6		60.26.0028-9					24	[Grid of K, M, O, S symbols]																								
Quinta	Setup 72.26.0249-8		72.26.0220-7	Setup						24	[Grid of K, M, O, S symbols]																								
Sexta	Setup 72.10.0001-0	Setup 72.26.0289-7								22	[Grid of K, M, O, S symbols]																								
Sábado	72.26.0229-5		72.26.0257-5		72.29.0138-9					24	[Grid of K, M, O, S symbols]																								
Domingo										0	[Grid of K, M, O, S symbols]																								

Legenda: K - Processamento de Itens controlados por Kanban
 M - Tempo utilizado para Manutenção da Máquina
 O - Processamento de Itens controlados por Ordem de Produção
 S - Setup de máquina para troca de base

Figura 5 – Programação antes do nivelamento

É importante destacar que:

- As linhas do quadro representam os dias disponíveis para programação.
- As colunas da seção esquerda são a descrição dos itens a serem programados (produtos, *setup* e manutenção), as colunas da seção direita são preenchidas de acordo com a

- Melhor utilização do recurso com sua alocação de capacidade melhorada em função do volume e da quantidade de produtos planejados;
- Maior flexibilidade produtiva, com distribuição mais freqüente dos itens no período;
- Possibilidade de ocorrência de menores tempos de troca, devidos à maior previsibilidade da programação, permitindo a ocorrência dos setups externos – no caso do exemplo mostrado, no mínimo tem-se a aderência ao tempo de troca máximo estipulado de 30 minutos;
- Redução do estoque em processo e possibilidade de superprodução, como consequência da redução dos tamanhos de lotes;
- Redução das imprevisibilidades do processo e com menos reprogramações, pela disponibilização da programação antecipadamente alocando a capacidade de forma mais flexível (lotes menores de um mesmo item com maior freqüência).

6. Conclusões

O sistema foi desenvolvido e será útil à organização no contexto em que foi desenhado, mesmo que não tenha sido possível a validação com dados de sua implantação. Mas, o motivo de insucesso da implantação permite concluir que para alcançar bons resultados na condução de trabalhos de equipes é necessária a participação dos envolvidos em todas as fases de atividades.

Recomenda-se, enfaticamente, que qualquer projeto no modelo de pesquisa-ação tenha determinados os responsáveis de cada fase de elaboração e implantação (quando aplicável), para que não se isentem de seu papel quando os membros dos grupos voltarem a isolar-se em suas funções.

Assim, esta pesquisa contém a formação de um modelo de referência para trabalhos futuros sobre nivelamento no âmbito acadêmico e profissional. A ressalva está em que o sistema pode ser considerado um modelo genérico, mas devem ser variáveis as formas de cálculo e apresentação das planilhas e quadros de nivelamento.

Portanto, tem-se como oportunidade de pesquisas futuras:

- A validação deste modelo de sistema de nivelamento – de preferência aplicando-o a mesmas tipologias de sistemas de produção. São elegíveis empresas participantes da cadeia automotiva, cuja dinâmica de demanda é semelhante, e com uma variedade de itens e complexidade produtiva razoáveis. Podem ser variáveis algumas características intrínsecas à organização (ajuste de parâmetros nos bancos de dados, ajustes na planilha de nivelamento, ajustes nos procedimentos e execução do sistema etc.);
- O projeto de planilhas e quadros de nivelamento mais genéricos contemplando o máximo das características apontadas na literatura e agregando o conhecimento que está dentro das empresas que trabalham eficientemente com o nivelamento. Espera-se que essas planilhas e quadros possam adaptar-se às diversas realidades produtivas. Tais modelos podem evoluir para constituir sistemas de informação com possibilidade de interação com outros sistemas (interfaces), melhorando a qualidade das informações coletadas e geradas, e;
- A proposição de modelos formalizados de nivelamento não somente para as atividades de manufatura como também para as atividades de serviços. Tais modelos podem basear-se nos modelos já existentes para a manufatura, exigindo um esforço de padronização de atividades e procedimentos, e da parametrização de dados e informações muitas vezes baseados em aproximações (devido a pouca reprodutibilidade observada em operações de serviços).

Espera-se que, consideradas suas limitações, este trabalho contribua para os interessados na área de conhecimento como conteúdo relevante, e para o desenho de sistemas de Nivelamento da Produção nas empresas que implantam a Produção Enxuta, para que obtenham os benefícios que oferece.

Referências

- ARAÚJO, L. E. D.** *Nivelamento de capacidade de produção utilizando quadros heijunka em sistemas híbridos de coordenação de ordens de produção*. 135p. Dissertação (Mestrado). Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. São Carlos, 2009.
- BONNEY, M. C.; ZHANG, Z.; HEAD, M.A.; TIEN, C.C.; BARSON R.J.** Are push and pull systems really so different? *International Journal of Production Economics*. Vol. 59, n. 1, p. 53-64, 1999.
- CUMMINGS, D.** *Managing the Constraint Operation thru Heijunka: Production Leveling*. Disponível em: <http://www.sme.org/downloads/expo/2007/ET07/presentations/cummings_managing_constraint.pdf>. Acesso em: 31 Mar. 2008. 2007.
- FAVARETTO, F. ; ESPIRITO SANTO, M. S.; MARTINS, V. ; BREMER, C. F. .** Considerações sobre a utilização de dados de controle da produção no contexto da filosofia Lean Production. In: Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 22., 2002, Curitiba. *Anais...*
- FERNANDES, F. C. F.; GODINHO FILHO, M.** Sistemas de coordenação de ordens: revisão, classificação, funcionamento e aplicabilidade. *Gestão & Produção*, São Carlos, v. 14, n.2, p. 337-352, 2007.
- FRANCO, M. A. S.** Pedagogia da Pesquisa-Ação. *Revista Educação e Pesquisa*, São Paulo, v.31, n.3, p.483-502, 2005.
- FURMANS, K.** Models of Heijunka-levelled Kanban-Systems. In: C.T. Papadopoulos (Ed.): 5th International Conference on Analysis of Manufacturing Systems - Production and Management, Zakynthos Island: Greece, 2005. *Proceedings...*
- GELDERS, L. F.; WASENHOF, L. N.** Capacity Planning in MRP, JIT and OPT: a critique. *Engineering Costs and Production Economics*, v.9, p.201-209, 1985.
- GHINATO, P.** Elementos fundamentais do Sistema Toyota de Produção. In: ALMEIDA, A. T.; SOUZA, F. M. C. *Produção e Competitividade: Aplicações e Inovações*. Recife: Editora Universitária da UFPE, 2000.
- GODINHO FILHO, M.; FERNANDES, F. C. F.** Paradigmas Estratégicos de Gestão da Manufatura (PEGEMs): elementos chave e modelo conceitual. *Gestão & Produção*, São Carlos, v. 12, n.3, p. 333-345, 2005.
- GREIF, M.** *The visual factory: building participation through shared information*. Portland, OR, USA: Productivity Press, 1991.
- HINES, P.; HOLWEG, M.; RICH, N.** Learning to evolve: a review of contemporary lean thinking. *International Journal of Operations & Production Management*. v. 24, n.10, p.994-1011, 2004.
- HO, C. J.; CHANG, Y.** An integrated MRP and JIT framework. *Computers & Industrial Engineering*, n. 41, p.173-185, 2001.
- HOPP, W.J., SPEARMAN, M.L.** *Factory Physics*. Foundation of Manufacturing Management International Edition, Irwin McGraw-Hill, 2000.
- JONES, D. T.** Heijunka: leveling production. *Manufacturing Engineering*, v.137, n. 2, 2006.
- KAMADA, S.** *Estabilidade na Produção da Toyota do Brasil*. Disponível em: <http://www.lean.org.br/download/artigo_44.pdf>. Acesso em: 28 abr. 2008. 2007.
- KASUL, R. A.; MOTWANI, J. G.** Successful implementation of TPS in a manufacturing setting: a case study. *Industrial Management and Data Systems*, v. 97, n.7, p. 274-279, 1997.
- LIKER, J. K.** *O modelo Toyota: 14 princípios de gestão do maior fabricante do mundo*. Porto Alegre: Bookman, 2005.
- MENEGON, D.; NAZARENO, R. R.; RENTES, A. F.** Relacionamento entre desperdícios e técnicas a serem adotadas em um Sistema de Produção Enxuta. In: Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 23, 2003, Ouro Preto. *Anais...*

- MING-WEI, J.; SHI-LIAN, L.,** A hybrid system of manufacturing resource planning and just-in-time manufacturing. *Computers in Industry*, 19, p. 151-155, 1992.
- MOTWANI, J.** A business process change framework for examining lean manufacturing: a case study. *Industrial Management & Data Systems*, v. 103, n. 5, p. 339-346, 2003.
- NEESE, M.; KONG, S. M.** Driving lean through the visual factory: visual instructions offer the simplicity employees need. *Circuits Assembly*, September 2007.
- NIIMI, A.** *Sobre o Nivelamento* (heijunka). Disponível em: <http://www.lean.org.br/download/artigo_32.pdf>. Acesso em: 31 mar. 2008. 2004.
- OCDE.** *Manual de Oslo*. Proposta de diretrizes para coleta e interpretação de dados sobre inovação tecnológica. OCDE, Finep, 2004.
- PRIOUL, A.** *Production Leveling*. Disponível em: <<http://lean.enst.fr/wiki/pub/Lean/LesPresentations/alainprioul.pdf>>. Acesso em: 30 Mar. 2008. 2008.
- RENTES, A. F.; NAZARENO, R. R.; MARDEGAN, R.; JUNQUEIRA, R.P.** Lean Production for Enterprises with High Variety of Products. In: FAIM 2005 - International Conference on Flexible Automation and Intelligent Manufacturing, 15., 2005, Bilbao - Spain. *Proceedings...*
- REYNER, A.; FLEMING, K.** *Heijunka Product & Production Leveling*. Disponível em: <http://ocw.mit.edu/NR/rdonlyres/Engineering-SystemsDivision/ESD-60Summer-004/924D69DB-ADA4-402A-8CEB3508FFA53724/0/9_3_product_level.pdf>. Acesso em: 31 Mar. 2008. 2004.
- ROTHER, M.; HARRIS, R.** *Criando Fluxo Contínuo*. São Paulo: Lean Institute Brasil, 2002.
- SCARPELLI, M.** *Sistemas de produção agroalimentar: arquitetura para as funções de planejamento e controle da produção*. Tese (Doutorado). Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2006.
- SILVA, E. L.; MENEZES, E. M.** *Metodologia da pesquisa e elaboração de dissertação*. 2. ed. Revisada, UFSC, Florianópolis, SC, 2000.
- SLACK, Nigel; JOHNSTON, Robert; CHAMBERS, Stuart.** *Administração da Produção*. São Paulo: Atlas. 2ª Edição, 2002.
- SMALLEY, A.** *Criando o Sistema Puxado Nivelado*. São Paulo: Lean Institute Brasil, 2004.
- TARDIN, G. G.** *O kanban e o nivelamento da produção*. 91 p. Dissertação (Mestrado). Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas. Campinas, 2001.
- THIOLLENT, M.** *Metodologia da Pesquisa-Ação*. São Paulo: Cortez, 2000.