

A ARTE E CIÊNCIA DA PRÁTICA: OTIMIZAÇÃO DO PCP EM UMA EMPRESA DE MÓVEIS DE PEQUENO PORTE

João Flávio de Freitas Almeida

Universidade Federal de Minas Gerais
Avenida Presidente Antônio Carlos, 6627 - Pampulha, Belo Horizonte - MG, 31270-901
joaoflavio.ufmg@gmail.com

Ana Luiza Cordeiros

Universidade Federal de Minas Gerais
Avenida Presidente Antônio Carlos, 6627 - Pampulha, Belo Horizonte - MG, 31270-901
analu.cordeiros@gmail.com

Laura Luttembark Barreto Vianna

Universidade Federal de Minas Gerais
Avenida Presidente Antônio Carlos, 6627 - Pampulha, Belo Horizonte - MG, 31270-901
lauralut88@gmail.com

Eduardo Romeiro Filho

Universidade Federal de Minas Gerais
Avenida Presidente Antônio Carlos, 6627 - Pampulha, Belo Horizonte - MG, 31270-901
romeiro@dep.ufmg.br

Samuel Vieira Conceição

Universidade Federal de Minas Gerais
Avenida Presidente Antônio Carlos, 6627 - Pampulha, Belo Horizonte - MG, 31270-901
svieira@dep.ufmg.br

RESUMO

Empresas de pequeno porte lidam com problemas de alocação de recursos escassos. No entanto, geralmente, não possuem sistemas de informação e nem equipe de analistas. Desenvolvemos um simples modelo a ser usado de apoio ao planejamento da produção de uma indústria moveleira de Contagem-MG. Percebemos que, embora a empresa seja lucrativa, a venda do seu principal produto traz prejuízo. Visualizamos também a possibilidade de aumento de lucratividade em aproximadamente R\$700.000,00 ao ano com pequenas alterações no mix e volume de produção em processos de capacidade ociosa. Apresentamos uma proposta de *layout* com redução de movimentação em 32% em relação à original. Nosso grande resultado é o reconhecimento, por parte dos pequenos, do poder da otimização em seus negócios.

PALAVRAS CHAVE. Planejamento da produção, Modelagem matemática, Otimização.

ABSTRACT

Small sized companies deal with problems of allocating scarce resources. However, they usually don't have information systems nor analysts team. We developed a simple model to support production planning of a furniture industry located in Contagem-MG. We noticed that, although the company is profitable, sales of its main product result in losses. We also visualize the possibility of increasing profitability by approximately U\$315,000.00/year with minor changes in mix and production level on idle processes. We present a proposed layout with 32% less moving parts compared to the original. Our major result is the recognition, on their part, of the power of optimization in their business.

KEYWORDS. Production planning, Mathematical modeling, Optimization.

1. Introdução

Empresas de pequeno porte possuem problemas de natureza similar à empresas de grande porte: precisam alocar recursos escassos de forma eficiente para obter competitividade. No entanto, estas empresas são geralmente informais, não possuem sistemas analíticos de informação e nem equipe dedicada de analistas. À medida que evoluem profissionalmente, passam a investir em sistemas de informação (S.I.) que retratam o passado das operações por meio de relatórios gerenciais. Sistemas analíticos de apoio à decisão que incorporam modelos de Pesquisa Operacional são geralmente encontrados em S.I. de grandes empresas de sucesso (Bell e Anderson, 2002). Estes sistemas, por serem na maioria das vezes customizados, geralmente demandam investimento alto tanto em T.I. quanto em profissionais capacitados para o uso. Com isso, pequenas empresas, como as do setor de móveis, não usam esses sistemas para serem mais competitivos.

Por outro lado, a academia apresenta um ferramental teórico robusto ao estudante capacitando-o para resolução de problemas sofisticados, porém desconexos da prática no mundo das pequenas empresas, que não são estruturadas e são a maioria. Este trabalho é fruto de um projeto que visa estreitar os vínculos entre a academia e "o mundo lá fora" criando oportunidades aos estudantes de iniciação científica de vivenciarem a prática da Pesquisa Operacional no ambiente de empresas de pequeno porte por meio de pesquisa aplicada, como sugerem Murphy (2002) e Grossman Jr (2002).

1.1. O cenário

Nosso estudo é resultado de um projeto em uma empresa de pequeno porte localizada na cidade de Contagem-MG que produz móveis para lojas que atendem a classe média e alta em Minas Gerais e outros estados do Brasil. O cenário atual para o setor é de crescimento, principalmente por parte do setor de serviços, como o hoteleiro, por influência da Copa do Mundo, a ser realizado neste ano.

A empresa possui 51 funcionários e produz 135 tipos de produtos do tipo cadeiras, bancos, poltronas, mesas, *buffets*, racks, painéis, aparadores e criados que podem variar em forma, tipo de acabamento e estofamento. Embora de maneira informal, a avaliação de qualidade da matéria prima e do produto acabado é feita pelos donos e o design dos produtos é frequentemente atualizado, o que conferiu à empresa poder de competitividade entre suas concorrentes locais.

1.2. O problema

O crescimento da empresa se deu de forma desordenada. Seu funcionamento iniciou-se em um pequeno galpão e expandiu para 6 pequenos galpões próximo ao galpão original comprometendo o layout e gerando fluxos desordenados de pessoas e materiais (Figura 1). Os equipamentos eram, em sua maioria, manuais e o critério de elaboração de pedidos era guiado por ordem financeira, dessa forma, os prazos prometidos eram independentes do momento de chegada do pedido.

A oferta crescente de mix e flexibilidade trouxeram complexidade operacional, no entanto, informações de pedidos, matérias-primas, tempos e/ou níveis de produção ou estoque não eram registrados em planilhas eletrônicas ou qualquer sistema de informação. A principal queixa dos donos é que com o aumento da demanda, a empresa não conseguia cumprir os prazos de pedidos como cumpriam.

Percebendo a tendência de aumento de demanda, a empresa elaborou um plano de crescimento que incluía a mudança de suas atividades para um novo galpão (Figura 2), a aquisição de máquinas automatizadas, a contratação de *designers*, equipe de vendas, estagiários e consultores.

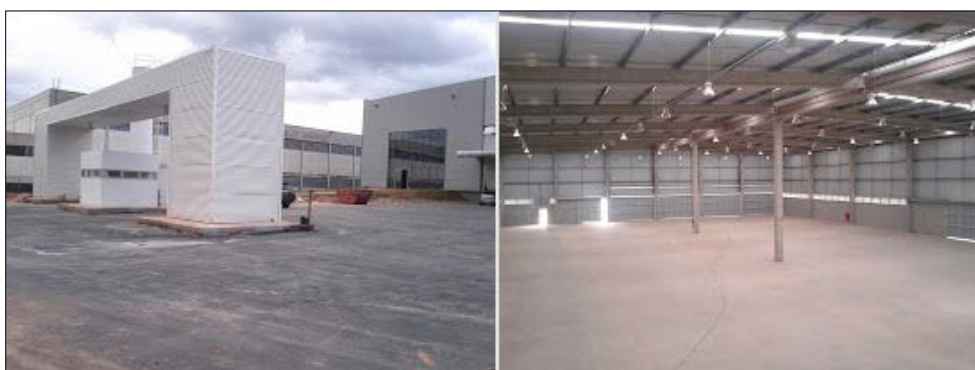
Figura 1: Fluxo desordenado de pessoas e produtos



Fonte: Elaboração da equipe

O momento de mudança foi oportuno para o estudo de layout e do planejamento com o auxílio da pesquisa operacional que, por definição, é uma ciência voltada para a resolução de problemas reais (SOBRAPO). Diversas inovações tecnológicas e gerenciais precisaram (e precisam) ser incorporadas e acompanhadas simultaneamente. Embora seja um processo complexo, esta estratégia é indicada, como aponta o estudo de Silva *et al.* (2010) com 99 empresas moveleiras, que relata que as práticas integradas de gestão qualidade, PCP, recursos humanos e desenvolvimento de produtos contribuem para o desempenho do negócio e, com maior magnitude, para o desempenho operacional.

Figura 2: Plano de crescimento inclui a mudança para novo galpão



Fonte: Elaboração da equipe

1.3. A literatura

Decisões em sistemas de produção e logística podem ser classificadas em: estratégicas, táticas e operacionais (Chopra e Meindl, 2004). Em fábricas de móveis a otimização mensal do mix de produção e ocupação de capacidade são de natureza estratégica e tática e dependem da participação da equipe de gestão no processo de decisão, como visto em Roy *et al.* (1982). Empresas desse setor ainda precisam lidar com o aumento da variedade de produtos, redução dos ciclos de vida destes, clientes mais exigentes e concorrência global. Estas são questões que desafiam a gestão de operações (Ritzman e Krajewski, 2003). As decisões operacionais estão relacionadas ao sequenciamento e o controle das operações ocorrem no curtíssimo prazo e de forma detalhada (Slack *et al.*, 2009).

A demanda pelos produtos da empresa estudada é proveniente de clientes da classe A e B+. Como consequência, sua capacidade é dependente do mix, que varia muito de um mês para o

outro e está fortemente relacionado à moda e tendências de design. Para não incorrer em custos de estoque e obsolescência, a empresa adota a estratégia de produção *Make to Order*. Dessa forma, seu planejamento é mais direcionado ao curto prazo.

Mesmo no curto prazo, o problema é de natureza estratégica e tática. Abordamos o planejamento mensal da produção pela formulação de um simples problema de programação linear inteira de mix de produção monopériodo e monoestágio. Usamos uma abordagem agregada para estimarmos a ocupação mensal da capacidade por famílias de produtos. À medida que os pedidos são disponibilizados, desagregamos a informação para o nível de SKU (*Stock Keeping Unit*) e planejamos o nível de serviço para o mês. O modelo é simplificado, porém capta os elementos essenciais para representar o problema de decisão. Dessa forma, a análise qualitativa precede a análise quantitativa, assim, é capaz de abordar as principais informações demandadas pelos tomadores de decisão.

O trabalho ocorreu em 3 fases: (i) elaboração de diagnóstico, com intensa coleta de dados, (ii) elaboração de custeio e ferramentas de apoio ao planejamento estratégico, tático e operacional e (iii) análises para aumento de lucratividade e produtividade. Apresentamos um diagnóstico na seção 2, em seguida apresentados as ferramentas de planejamento agregado e de gestão de estoque na seção 3. Os resultados e etapas futuras são apresentados na seção 4. Na seção 5 apresentamos nossa conclusão.

2. Elaboração do diagnóstico

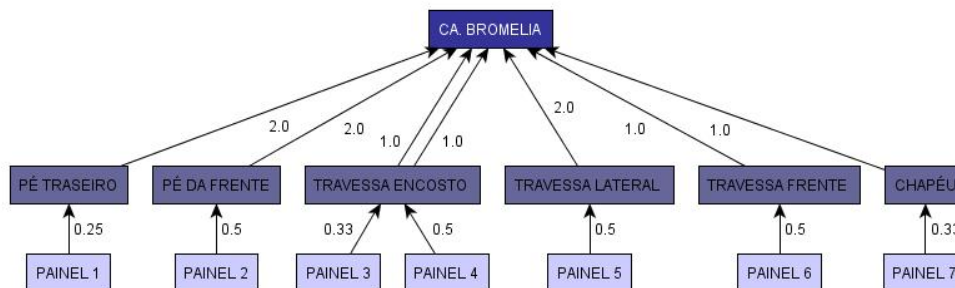
A elaboração de diagnóstico compreende o levantamento de dados, a compreensão das tecnologias de processamento, das etapas de produção e da atividade do operário em seu posto de trabalho. Tem o objetivo de representar a realidade da organização e levantar os pontos fortes e fracos. É uma etapa indispensável no projeto. A fase de diagnóstico foi dividida em três etapas: (i) configuração geral da empresa, (ii) configuração da produção, de fluxos de informação e materiais e (iii) recomendações sobre PCP para a fase subsequente de projeto.

A compreensão do perfil da mão de obra direta e indireta e de suas atividades se deu por meio de entrevistas: 60% dos funcionários possui entre 26 a 35 anos, 90% destes são homens e 45% possui entre 6 e 10 anos de experiência na empresa. O treinamento de novos funcionários ocorre de maneira informal por funcionários experientes (*on-the-job*).

2.1. Produtos e matérias-primas

A empresa não possuía a documentação ou qualquer informação sobre composição ou dimensionamento dos 135 produtos. O conhecimento tácito dos operadores permite que estes, com o auxílio de gabaritos, confeccionem as peças sob demanda. A maioria dos componentes dos produtos é proveniente de fornecedores próximos: 57% destes estão localizados em Minas Gerais, no entanto, os fornecedores da principal matéria prima, madeira, estão localizados no Norte do país. Listas de materiais foram elaboradas conforme o exemplo na Figura 3.

Figura 3: Lista de materiais da cadeira Bromélia



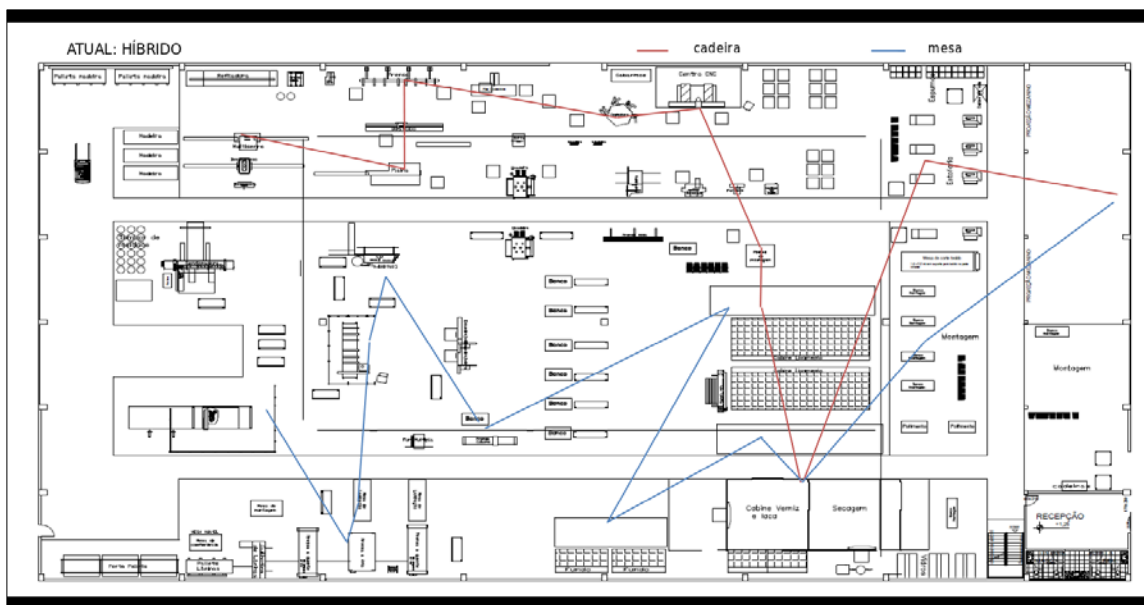
Fonte: Elaboração da equipe. Aplicativo: Yed (<http://www.yworks.com>)

2.2. O layout

A elaboração do layout impacta no custo e na flexibilidade da organização. Analisamos, em parceria com a equipe da FIEMG, a relação variedade e volume planejados e alguns fatores como: clareza do fluxo de *kanbans*, materiais, segurança, acessibilidade, uso do espaço e flexibilidade no longo prazo. Avaliamos configurações por produto, por processo e decidimos pelo layout híbrido, como disposto na Figura 4, que mescla características do *layout* por produto e por processo.

O projeto de *layout* considera o compartilhamento de máquinas que são flexíveis e precisam ser posicionadas de acordo com a infraestrutura elétrica, pneumática e de exaustão. O *layout* por processos possui a movimentação média de 215 e 216 metros para cadeiras e mesas respectivamente, enquanto que o *layout* híbrido proposto possui a movimentação média de 133 e 160 metros para estes produtos, uma redução em movimentação de aproximadamente 32% em relação à proposta original.

Figura 4: Análise de movimentação para Layout híbrido



Fonte: Elaboração da equipe. Aplicativo: AutoCad (<http://www.autodesk.com.br>)

2.3. Fluxos de produção e capacidade

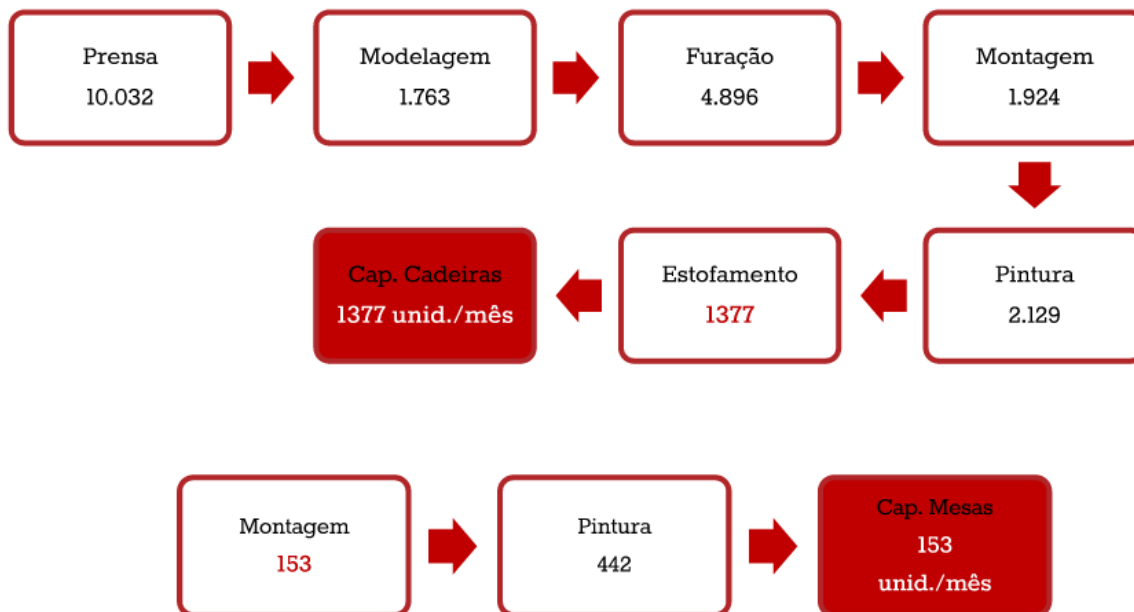
A produção de cadeiras equivale a 77% do total produzido e vendido pela empresa (Figura 6). Os componentes passam por sequências em diferentes máquinas. Produtos, como mesas, *buffets*, *racks*, etc., se diferem basicamente no processo de montagem, pois passam pelos mesmos processos de corte e prensa.

Em nossa análise de capacidade consideramos a disponibilidade de recursos de entrada. Usamos os indicadores de utilização, eficiência e OEE - *Overall Equipment Efficiency*. Podemos, no entanto, estimar a capacidade de saída (output) através do cálculo indireto do OEE pela taxa benchmark de produção observada em cada processo. Por este valor determinamos os processos gargalos e capacidade aproximada de produção como apresentado na Figura 5.

Calculamos os indicadores de eficiência e produtividade dos recursos gargalos, que determinam a capacidade de produção. A produtividade global média dos gargalos das linhas de cadeiras e mesas é de 76,50% e 82,70% respectivamente. A eficiência das mesmas famílias de produtos é de 74,74% e 51,69%. A produtividade e eficiência nesses recursos são relativamente altas e se confirmam na prática: funcionários destes processos reclamam e fazem comparações

com operários de outros processos.

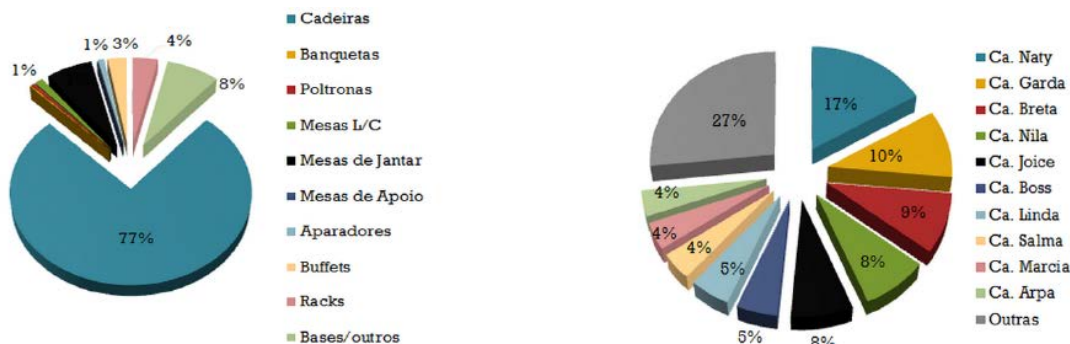
Figura 5: Análise de capacidade de operação. (Unid/mês)



Fonte: Elaboração da equipe.

O desbalanceamento de capacidade das operações compromete a capacidade de atendimento da demanda almejada pela empresa. Elaboramos, portanto, um indicador de utilização de capacidade considerando a possibilidade de balancear os recursos disponíveis para um nível global médio. Dessa forma, a utilização das linhas de cadeiras e mesas é de 56,69% e 51,64% respectivamente. A elaboração destes KPIs (*Key Performance Indicators*) contribuem explicitando onde um investimento em aumento de capacidade ou produtividade tem impacto e onde não tem. Modelos clássicos com modelagem estáticas (Baybars, 1986) ou dinâmica (Júnior *et al.*, 2010) podem ser usados para fazer o balanceamento das linhas, no entanto, este não é o escopo deste trabalho.

Figura 6: Proporção de vendas históricas.



(a) Histórico de vendas dos produtos

(b) Histórico de vendas de cadeiras

Fonte: Elaboração da equipe. Período: Jan/2012 a Jul/2013.

2.4. Recomendações

Sugerimos, por uma abordagem científica e tecnológica, o desenvolvimento de ferramentas de planejamento e controle que suportassem a tomada de decisão auxiliando o processo de alocação eficiente de recursos escassos. O planejamento foi abordado pelo desenvolvimento do sistema de custeio e de um modelo de otimização, enquanto que o controle foi viabilizado com o dimensionamento de *kanbans* e o desenvolvimento de uma ferramenta de controle de estoques. O investimento em T.I. também é indicado, porém, devem ser avaliados: o impacto operacional, as restrições de capacitação de pessoal e a viabilidade financeira.

3. Ferramentas para o planejamento e controle

3.1. Custeio e planejamento

A análise do sistema de custeio sob a ótica do princípio enfoca a finalidade da informação, cujos objetivos podem ser: avaliação de estoques, o controle ou o auxílio à tomada de decisão. A alocação dos custos está relacionada aos métodos de custeio, são eles: centros de custo, baseado em atividades ou de unidade de esforço de produção. Além disso, os métodos podem ser convenientemente combinados, como discutido em Kraemer (1995). Elaboramos o custeio adotando o princípio do custeio variável, cujo objetivo é o auxílio à tomada de decisão e o método de centro de custos através de distribuições de custos indiretos aos diretos.

Um sistema de custeio, no entanto, não considera restrições operacionais. Elaboramos, portanto, uma ferramenta de PCP integrada e um sistema de custeio. Implementamos o modelo de otimização no GLPK (Makhorin, 2008) e usamos a interface do Excel® para automatizar as rodadas e análises (Figura 7). A ferramenta permite calcular o custo variável e margem de contribuição de cada produto, elaborar o planejamento da produção utilizando os dados de custeio e informações de capacidade. O objetivo é apontar o *mix* de produtos de lucro máximo utilizando o mínimo de horas extras. A formulação matemática pode ser descrita considerando uma fábrica de móveis com $i \in I$ produtos com rotas de produção em $j \in J$ processos de transformação. Elaboramos o problema usando os seguintes parâmetros de variáveis:

Parâmetros

$R_i \equiv$ Receita unitária pela venda do produto i (reais/unid)

$C_i \equiv$ Custo variável unitário de produção do produto i (reais/unid)

$E_j \equiv$ Custo por hora-extra no processo j (reais/hora)

$M_i = R_i - C_i \equiv$ Margem de contribuição unitária pela venda do produto i (reais/unid)

$N_i \equiv$ Produção mínima estipulada para o produto i (unid/mês)

$D_i \equiv$ Demanda do mês atual pelo produto i (unid/mês)

$T_{ij} \equiv$ Tempo unitário de produção do produto i no processo j (horas/unid)

$P_j \equiv$ Capacidade disponível no processo j (horas/mês)

$H_j \equiv$ Número máximo de horas extras no processo j (horas/mês)

$A_{ij} \equiv$ Matriz de alocação do produto i ao processo j (0 ou 1)

Variáveis

$x_i \equiv$ Quantidade produzida do produto i (unid/mês)

$y_j \equiv$ Quantidade de horas-extras a serem alocadas ao processo j (horas/mês)

O seguinte modelo pode ser formulado:

$$\max \sum_{i \in I} M_i x_i - \sum_{j \in J} E_j y_j \quad (1)$$

s.a:

$$\sum_{i \in I} T_{ij} A_{ij} x_i - y_j \leq P_j \quad \forall j \in J \quad (2)$$

$$x_i \leq \max(N_i, D_i) \quad \forall i \in I \quad (3)$$

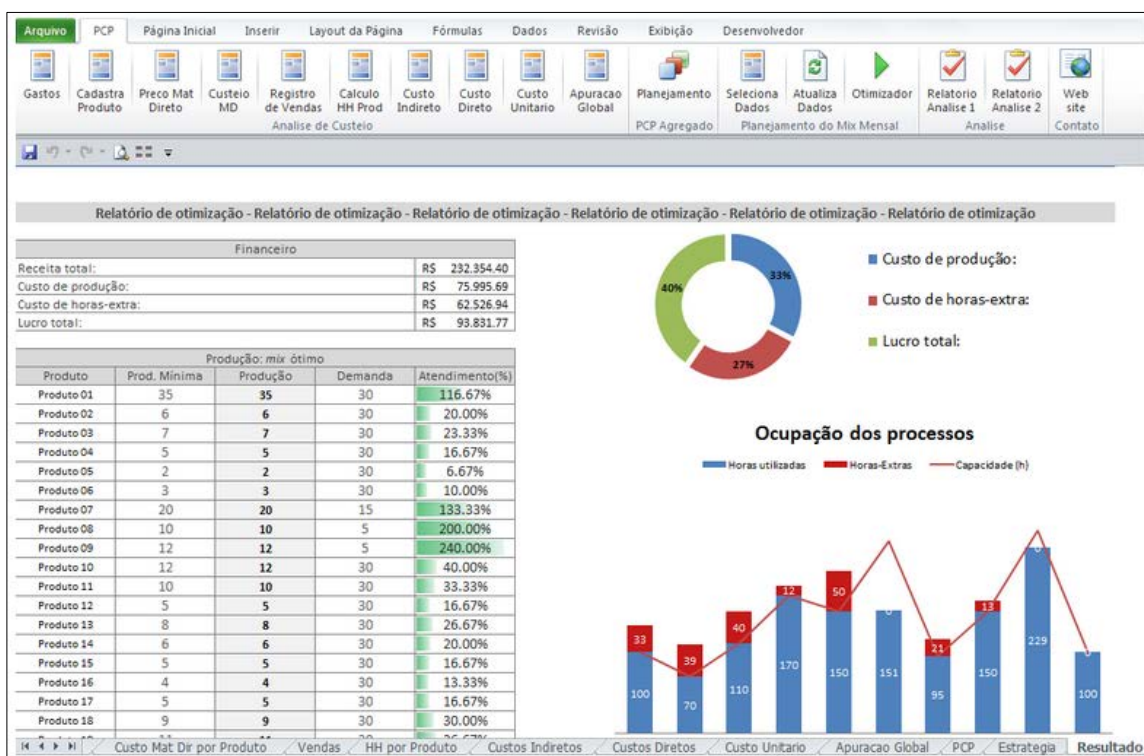
$$x_i \geq N_i \quad \forall i \in I \quad (4)$$

$$y_j \leq H_j \quad \forall j \in J \quad (5)$$

$$x_i \in \mathbb{Z}^+ \quad \forall i \in I, y_j \geq 0 \quad \forall j \in J \quad (6)$$

A função objetivo (1) maximiza a margem de contribuição proveniente da venda dos produtos e minimiza um eventual uso de horas extras no período. A restrição (2) determina o consumo de capacidade da operação dos produtos em função da sua rota nos recursos capacitados. A produção deve ser limitada ao volume demandado ou, no caso da demanda ser nula, ser limitada a uma produção mínima como apresentado na restrição (3). Em (4) a produção mínima é imposta pela configuração de lotes (por exemplo: quando uma mesa é vendida, é preciso produzir mais 6 cadeiras). As restrições (3) e (4) combinadas também contribuem para análise de cenários de ocupação de recursos e balanceamento mensal de capacidade. A quantidade máxima de horas extras disponíveis por mês é limitado por lei e por políticas da empresa, portanto, não deve ser ultrapassado, como representado em (5). Finalmente, a restrição (6) representa o domínio das variáveis de decisão.

Figura 7: Ferramenta de custeio e otimização da produção



Fonte: Elaboração da equipe.

3.2. Controle de fluxo com *kanban* e uma ferramenta de gestão de estoques

O uso de *kanbans* para a gestão do fluxo de materiais requer o aculturamento da filosofia Just in Time por meio de treinamentos. Os resultados são geralmente percebidos no médio prazo (Silva e Sacomano, 1995). O número de cartões corresponde ao número de contenedores de componentes no sistema. Assim, o número N de *kanbans* pode ser calculado considerando a margem de segurança α , Q componentes em contenedores com capacidade n pela seguinte fórmula (Shingo, 1989):

$$N = \frac{\max(Q + \alpha)}{n}$$

A questão central do sistema JIT, no entanto, é como minimizar N . Cada estoque intermediário deve conter uma quantidade suficiente para atender a demanda máxima pelos componentes, assim, o uso *kanbans* é indicado à sistemas com demanda estável. Selecionamos o processo de montagem como processo cliente e os processos de usinagem (modelagem e furação) que são processos fornecedores da maioria dos componentes da fábrica. A gestão do fluxo é coordenada pelos operadores. As estantes são formadas por dois compartimentos, com capacidade de um lote de produção de 25 unidades cada. Determinamos 1 compartimento como estoque de segurança, assim, quando este é esvaziado, o operador se encarrega de levar o cartão do contenedor vazio ao processo de usinagem.

A gestão e o cálculo de necessidades de estoques eram feitos manualmente pelo funcionário, que recebia a lista de produção, subtraía desta a quantidade de produtos equivalente ao tamanho do pedido e determinava, convenientemente, a produção subsequente. A decisão considerava tanto o produto com menor nível no estoque quanto os que eram vendidos frequentemente. Integramos as listas e automatizamos os cálculos por meio de planilhas eletrônicas, padronizando os envios destas aos funcionários. A informação integrada incentiva a comunicação entre a equipe e facilita a decisão de produção. No caso de matérias primas, a maior necessidade detectada foi o controle de estoque de tecidos, no setor de estofamento. Neste, o controle é direcionado para compras, evitando o atraso na entrega de produtos pela falta de algum tecido específico.

4. Resultados e etapas futuras

O uso do relatório de diagnóstico tanto por novos funcionários, como pelos mais experientes é um importante resultado. As poucas informações disponíveis antes do projeto eram dispersas. Atualmente, este é usado na elaboração de treinamentos.

A ferramenta desenvolvida permite a elaboração e otimização de cenários. Vai além da análise do ponto de equilíbrio, pois considera restrições operacionais não contempladas em uma análise financeira. Elaboramos uma análise agregando produtos em família de produtos. Assim, o produto descrito na análise abaixo representa sua família. Descrevemos as análises resumidamente:

Análise 1: A empresa produz aproximadamente 1600 unidades do seu principal produto. Em uma reunião, os sócios afirmam que este produto, é vendido à R\$200,00 em média. A apuração global de resultados apresenta um lucro operacional de -R\$74.616,62 para o produto e lucro operacional global de R\$226.529,93.

Análise 2: Analisamos os registros de vendas. Embora o volume médio comercializado seja de 1600 unidades e demanda seja superior ao volume ofertado, o preço médio comercializado é R\$180,00. A apuração dos resultados apresenta um lucro operacional de -R\$106.616,62 para o produto e lucro operacional global de R\$194.529,93.

Análise 3: Uma análise puramente financeira sugere o preço de R\$246,70 para se obter o ponto de equilíbrio (*breakeven*). Para esse caso, o lucro operacional é de R\$0,00 para o produto e o lucro operacional global é de R\$301.249,64.

Análise 4: No entanto, os sócios não acreditam que podem vender o produto ao preço de R\$246,70, pois o preço deste produto é determinado pelo mercado, ou seja, R\$200,00. Para obter

o equilíbrio, a análise financeira sugere o aumento da produção para 2403 unidades. Nesse caso, a apuração apresenta um lucro operacional de R\$0,00 para o produto e lucro operacional global de R\$324.881,37.

Análise 5: Os sócios ainda consideram a análise irreal, pois embora possam ter capacidade ociosa, não teriam capacidade de aumentar em 50% o volume de produção. Usando o modelo de otimização, consideramos as restrições de capacidade e custos de hora extra. Como a demanda do produto superior à oferta, consideramos viável vendê-lo ao valor médio de R\$200,00. Nesse caso, o lucro operacional do produto é de -R\$56.537,54 e o lucro operacional global de R\$252.574,52, o que representa um aumento de 29,8% de lucratividade de R\$58.044,59 ao mês e R\$696.535,08 ao ano.

No curto prazo os retornos estão associados ao atendimento dos prazos e ao controle de estoque de peças e tecidos viabilizado por meio de cartões de produção e pela identificação dos produtos da nova fábrica (Figura 8).

Figura 8: Nova fábrica em fase de reestruturação e organização



Fonte: Elaboração da equipe

Temos abordado modelos simples de apoio à decisão por dois motivos: (i) pela fase inicial de estruturação da empresa e, principalmente (ii) pelo tipo de informação demanda pelos tomadores de decisão. Naturalmente, com a prática disciplinada do processo de planejamento os problemas passam a ter escopo bem definido viabilizando a modelagem detalhada por programação matemática. Por enquanto, sugerimos fazer o sequenciamento nos processos gargalos de montagem e estofamentos usando o algoritmo de Johnson (Johnson, 1954) por ser adequado ao o processo e de fácil implementação prática. Por meio deste algoritmo podemos elaborar o sequenciamento ótimo de n operações em dois processos. O dimensionamento de *kanbans* pode ser modelado como apresentado em Bitran e Chang (1987) e Almeida (2009).

Uma melhoria complementar pode ser obtida usando estatísticas descritivas para agregar de produtos em famílias e elaborar previsões de demanda combinando valores do modelo e da intuição dos sócios (Franses, 2011). Com isso, podemos indicar a mudança da abordagem *Make to Order* para *Assembly to Order* e elaborar modelos de planejamento multiperíodo por dimensionamento de lotes. Esta etapa futura pode ser baseada nos modelos sofisticados de planejamento agregado usando decomposição temporal (Ouhimmou *et al*, 2008) ou planejamento integrado ao corte de chapas considerando incerteza de demanda através de otimização robusta, como elaborado por José Alem e Morabito (2012).

Finalmente, indicamos a mudança na rotina da equipe de planejamento. Embora esta seja uma pequena empresa em expansão, consideramos que o amadurecimento da atividade de planejamento viabiliza a implantação do processo de S&OP (*Sales & Operations Planning*). O S&OP é um processo que visa integrar o planejamento de vendas, financeiro, de produção, suprimento e distribuição. O objetivo é garantir a viabilidade do planejamento estratégico,

tornando-o realístico e capacitando a organização ao gerenciamento de mudanças de forma eficaz (Caon *et al.*, 2001).

5. Conclusão

Apresentamos um estudo de caso sobre a implantação do PCP em uma indústria moveleira de pequeno porte abordando o nível estratégico, tático e operacional. Elaboramos um relatório de diagnóstico usado pelos funcionários da empresa para aprendizado e treinamento. Desenvolvemos uma ferramenta de custeio e de otimização da produção. Avaliamos a possibilidade de aumento de lucratividade de aproximadamente R\$700.000,00 ao ano por meio de pequenas alterações viáveis de planejamento no mix e volume de produção em processos de capacidade ociosa. Implementamos, nível operacional, o *kanban* para auxiliar a gestão do fluxo de componentes em dois processos de produção. Para os processos subsequentes foi desenvolvida uma ferramenta de gestão de estoques baseada em informações de pedidos no curto prazo. Estudos sobre o layout proporcionaram uma redução em movimentação de aproximadamente 32% em relação à proposta original.

6. Agradecimentos

Agradecemos aos sócios proprietários da empresa estudada pela confiança, acompanhamento, apoio e dedicação no fornecimento das informações demandadas. À equipe da FIEMG-CEDETEM, pela *expertise*, colaboração na formulação das diversas propostas de *layout* e estudos sobre movimentação de materiais. Agradecemos também a CAPES e ao CNPQ pelo apoio financeiro e à FAPEMIG pelo apoio à participação no SBPO.

Referências

- Almeida, J.F.F.** (2009), Modelagem matemática de kanbans em uma empresa de manufatura enxuta. *Revista Eletrônica Produção & Engenharia*, 2, 185–194. ISSN 1983-9952.
- Baybars, I.** (1986), A survey of exact algorithms for the simple assembly line balancing problem. *Management science*, 32, 909–932.
- Bell, P.C. e Anderson, C.K.** (2002), In search of strategic operations research/management science. *Interfaces*, 32, 28–40.
- Bitran, G.R. e Chang, L.** (1987), A mathematical programming approach to a deterministic kanban system. *Management Science*, 33, 427–441.
- Caon, M. Corrêa, H.L. e Gianesi, I.G.N.**, *Planejamento, programação e controle da produção*. São Paulo: Atlas, 2001.
- Chopra, S. w Meindl, P.**, *Gerenciamento da cadeia de suprimentos: estratégia, planejamento e operação*. Pearson Education do Brasil, 2004.
- Franses, P.H.** (2011), Averaging Model Forecasts and Expert Forecasts: Why Does It Work? *Interfaces*, 41, 177–181.
- Grossman, T.A.J.** (2002), Student consulting projects benefit faculty and industry. *Interfaces*, 32, 42–48.
- Johnson, S.M.** (1954), Optimal two-and three-stage production schedules with setup times included. *Naval research logistics quarterly*, 1, 61–68.
- José Alem, D. e Morabito, R.** (2012), Production planning in furniture settings via robust optimization. *Computers & Operations Research*, 39, 139–150.
- Kraemer, T.H.** Discussão de um sistema de custeio adaptado às exigências da nova competição global. *Tese de mestrado*, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1995
- Makhorin, A.** *GLPK (GNU linear programming kit)*, 2008.
- Murphy, F.H.** (2002) Special Section: Linking Academia with Real-World Practice: Several Approaches. *Interfaces*, 32, 41–41.
- Ouhimmou, M., D'Amours, S., Beauregard, R., Ait-Kadi, D. e Chauhan, S.S.** (2008) Furniture supply chain tactical planning optimization using a time decomposition approach.

European Journal of Operational Research, 189, 952–970.

Ritzman, L.P. e Krajewski, L.J., *Administração da produção e operações*. Prentice Hall, 2003.

Roy, A. Falomir, E.E. e Lasdon, L. (1982), An optimization-based decision support system for a product mix problem. *Interfaces*, 12, 26–33.

Shingo, S., *A study of the Toyota production system: From an Industrial Engineering Viewpoint*. Productivity Press, 1989.

Silva, E.M., Santos, F.C.A. e Castro, M. (2010) Direct and indirect effects of production practices on performance: a survey in Brazilian furniture companies. *RAE eletrônica*, 9:0–10.

Silva, E.C.C. e Sacomano, J.B. (1995), Implantação de Kanban como técnica auxiliar do planejamento e controle da produção: um estudo de caso em fábrica de médio porte. *Gestão & Produção*, 2, 59–70.

Silva Júnior, O.C., Miranda Júnior, G.M. e Conceição, S.V. (2010), Reconfiguração dinâmica de linhas de montagem. *Pesquisa Operacional*, 30, 237–258.

Slack, N., Chambers, S. e Johnston, R., *Administração da produção*. Atlas, 2009.

SOBRAPO. *O que é PO*. http://www.sobrapo.org.br/o_que_e_po.php, 5, 2014.