

Estudo para implementação do sistema puxado de produção em uma linha de achocolatados em pó de uma indústria alimentícia

Larissa Vieira Iribarrem (UFABC) larissa.iribarrem@gmail.com

Lucas Zamora Galli (UFABC) lucas.zgalli@gmail.com

Ugo Ibusuki (UFABC) ugo.ibusuki@ufabc.edu.br

Resumo:

Dentre os desafios da indústria moderna está a estruturação de uma cadeia de suprimentos que sustente uma produção eficiente em meio a vínculos de fornecimento e abastecimento cada vez mais complexos. O projeto em questão objetivou a compreensão, entre os diversos pontos de impacto, dos fatores críticos da empresa estudada e a cadeia que está inserida que têm associação a alta necessidade de estoque, cujo volume representa um elevado custo financeiro. A partir disso, um estudo das possíveis melhorias de processos e estrutura foi discorrido, permeado pela filosofia lean manufacturing, para identificação das ferramentas aplicáveis ao caso, as quais impactaram na redução de 20% no tempo de setup de máquinas em outras unidades fabris. Foi demonstrado como essa variação pode flexibilizar a linha a partir da redução de lotes mínimos de produção e conseqüente baixar de, em média, 70 dias de cobertura de estoque. Através do software de modelagem Promodel, foi feito um comparativo de níveis de produtividade nos cenários atual e proposto. Nesse contexto, foi possível entender a complexidade de se aplicar um modelo de produção puxada devido a dinâmica de abastecimento da empresa e limitações, adequando ao sistema híbrido devido a necessidade de estoque de segurança.

Palavras chave: estoque, produção puxada, sistema híbrido, lean manufacturing.

Study of pull system application in a chocolate powder production line of a food industry

Abstract

One of the biggest challenges of modern industry is structuring a supply chain that sustains an efficient production in a context of increasing complexity between supply connections. The main objective of this project was the understanding of the most critical factors that are associated with the need of high levels of inventory, whose volume represents a high financial cost for the company studied. From this, a study of the possible improvements of processes and structure was discussed, based on the lean manufacturing philosophy, with a view to identify the tools applicable to the case, which had reduction of 20% in the setup time of machines in other plants. It was demonstrated how this variation can make the production line more flexible by reducing minimum production lots and consequently lowering, averagely, 70 days of inventory coverage. Through the Promodel modeling software, a comparison of productivity levels in the current and proposed scenarios was made. In this context, it was possible to understand the complexity of applying a pull production model due to the company's supply dynamics and limitations, adapting to the hybrid system as a result of the need for safety stock.

Key-words: inventory, pull system, hybrid system, lean manufacturing.

1. Introdução

A indústria moderna busca constantemente melhores alternativas para gestão de sua cadeia de suprimentos, visando sempre reduzir os custos envolvidos nos processos para maximizar seus lucros. A filosofia lean visa melhorar continuamente o desempenho das indústrias através de ferramentas que ajudam a otimizar os recursos, eliminar processos desnecessários e, conseqüentemente, colaborar para um melhor resultado financeiro da organização.

Dentre os conceitos propostos pelo lean manufacturing está o sistema de produção puxado. Diferentemente do sistema tradicional, ou empurrado, que produz conforme uma demanda prevista para o mercado, o sistema puxado produz baseado no que é vendido na ponta da cadeia,

ou seja, produz apenas o necessário. Sendo assim, esse tipo de produção proporciona a empresa menores níveis de estoque e evita que ocorra superproduções.

Entretanto, não é uma tarefa simples mudar o sistema de produção de uma fábrica. Antes de implementar o novo sistema, a fábrica deve ter condições propícias para que os objetivos desejados sejam atingidos. É necessário que os setups sejam reduzidos, por exemplo, pois haverá necessidade de mudar o produto na linha com maior frequência. Além disso, os lotes mínimos de produção precisam ser menores para possibilitar as mudanças na linha conforme for necessário. Resumindo, a fábrica precisa ser flexível a ponto de ser capaz de produzir o que vem sendo requisitado pelos clientes sem perder produtividade.

No presente trabalho, foi identificada a oportunidade de implementar o sistema de produção puxada em uma linha de produção de achocolatados em pó de uma indústria de alimentos. Para isso, primeiramente será necessário trabalhar para que a linha em condições de receber inputs do sistema puxado, reduzindo os setups e paradas não planejadas e aumentar a frequência de produção dos produtos.

2. Revisão Bibliográfica

2.1. Abordagem Lean Manufacturing

É cada vez mais crescente o impacto da grande concorrência no posicionamento das indústrias frente suas operações. A partir do aumento da exigência dos consumidores, as empresas buscam o aprimoramento de seu meio produtivo através da implementação de ferramentas de melhoria e controle, a fim de garantir o nível de qualidade esperado pelos clientes e atingir as metas de redução de custos e desperdícios - tanto de matéria e produto quanto de atividades que não agregam valor à cadeia (Shingo, 1996; Ohno, 1997).

Uma análise fundamentada nos princípios lean oferece melhorias à rede de suprimentos. Os autores Jones e Womack (2003) sugerem um conjunto de oportunidades que podem ser trabalhadas em todos os processos. No âmbito de coordenação, é essencial que haja um alinhamento entre clientes e fabricantes sobre a taxa de consumo de cada produto (takt time - tempo de ciclo) para que se estabeleça um fluxo balanceado de materiais ao longo do processo e se mantenha a eficiência dos processos. Sobre a tratativa com os estoques, deve-se considerar a manutenção deste apenas para segurança contra possíveis variabilidades e incertezas, reduzindo os custos associados. Dentre as práticas essenciais abordadas no sistema Lean Manufacturing, visando a efetividade das melhorias propostas, são destaque :

- 5S: a técnica tem como base a utilização (seiri), organização (seiton), limpeza (seiso), higiene (seiketsu) e disciplina (shitsuke). O foco está na organização das células de trabalho de modo que todos os utensílios e ferramentas utilizadas por processo estejam em fácil localização e bom estado de funcionamento. O objetivo é a criação de padrões que minimizem a necessidade de movimentos, aumente a produtividade e aperfeiçoe o processo (SLACK; CHAMBERS; JOHNSTON, 2009);
- Redução de setup: para a redução do tempo de trocas de ferramentas e equipamentos de uma linha, padroniza-se as instruções da etapa e busca-se ações que permitam que essas mudanças sejam feitas enquanto o processo está sendo executado e se diminua ao máximo o setup interno (SMED, 2018);
- Takt time: determina-se o tempo de cada etapa do processo a fim de alinhar o lead time com o que se espera (QS, 2017), além de alinhar todo o processo para que se evite filas, os chamados estoques intermediários produto (GONÇALVES, 2015);
- Just in time: o princípio ressalta a importância de se produzir exatamente a quantidade que se precisa e quando se é demandado. A prática contribui para a minimização de estoques e

consequente redução de custos, além de aumentar o capital de giro da empresa (MONDEN, 1984).

2.2. Sistemas de Produção

2.2.1 Sistemas Empurrados

O modelo mais tradicional, que vem desde a Revolução Industrial, é o sistema empurrado, ou seja, que é baseado em uma demanda prevista para o futuro. Segundo Corrêa (2010), um sistema empurrado pode ser definido como um conjunto de atividades de produção e/ou abastecimento de materiais que ocorre antes do pedido de um cliente ter sido feito.

O sistema empurrado possui esse nome pois os processos da cadeia desde a compra dos insumos até a produção e distribuição são realizados com base em uma demanda e, quando concluídos, são empurrados para o estágio seguinte da cadeia.

Bowersox, Cooper e Closs (2014), destaca que os erros na previsão de consumo geram falta e sobras de estoque em vários níveis da cadeia, o que é sinônimo de aumento de custos. Dessa forma, cadeias que conduzem seus negócios de modo antecipatório estão sujeitas a um clima de maior estresse entre os componentes da cadeia, pois todas as partes desejam minimizar esses custos e riscos conforme seus interesses individuais.

Entretanto, esse tipo de sistema possui uma vantagem que é o rápido tempo de resposta. Quando um cliente faz o pedido, muitas das etapas necessárias para entregar o produto já ocorreram, o que deixa a velocidade de resposta ao cliente muito maior do que em outros modelos (CORRÊA, 2010).

2.2.2 Sistemas Puxados

O sistema puxado está inserido na filosofia Just-in-Time (JIT), que visa eliminar os desperdícios, reduzir custos e aumentar a qualidade e produtividade (REBELATO; MADALENO; RODRIGUES; 2011). Basicamente, no sistema puxado de produção e abastecimento, quando o consumidor compra um produto, o sistema dispara uma necessidade de abastecimento e, por consequência, uma necessidade de produção. Este modelo de negócio foi definido por Corrêa (2010) como um fluxo de atividades de produção e/ou abastecimento de materiais que só ocorrem depois de um pedido formal de um cliente ter sido efetivado.

Ao contrário da produção empurrada, o sistema puxado busca eliminar os estoques e os custos ligados ao armazenamento desnecessário de produtos, puxando apenas o que é realmente necessário para o cliente, ou seja, entregar ao cliente o que ele realmente precisa, na quantidade e no tempo certo (JUSTA; BARREIROS; 2009).

2.2.3 Sistemas Híbridos

O conceito de fluxos híbridos proposto por Corrêa (2010) diz que são sistemas empurrados-puxados, nas quais parte dos fluxos são empurrados e parte são puxados. Na maioria das cadeias de suprimento ocorre uma mistura entre etapas puxadas e etapas empurradas. Isso ocorre porque podem existir barreiras e dificuldades em etapas do sistema para a implementação de um fluxo puxado, ou mesmo pelo fato de ser desejado obter as vantagens de cada tipo de sistema conforme as necessidades da companhia. Essa mistura de fluxos pode, muitas vezes, proporcionar a organização a obtenção dos pontos positivos que cada sistema pode fornecer e, ao mesmo tempo, minimizar as desvantagens de ambos (CORRÊA, 2010).

3. Estudo de Caso

3.1. Foco do Estudo

O estudo está direcionado para uma linha de produção de achocolatados em pó, a qual é uma linha de envase. Os semi fabricados são produzidos em outra unidade fabril e transferidos para a unidade estudada em bags de uma tonelada. O semi fabricado alimenta a linha de produção, que irá dar forma ao produto final que é encontrado nos supermercados.

Na linha, são envasados 10 diferentes tipos de produtos (SKUs) de três marcas da empresa. A diferenciação entre os produtos está basicamente no tamanho da embalagem e na composição do chocolate, diferenciado pela porcentagem de cacau em sua fórmula. A tabela 1 representa os produtos feitos na linha.

CÓDIGO	DESCRIÇÃO
0001	Marca A (500g) 50%
0002	Marca A (500g) 32%
0003	Marca A (200g) 50%
0004	Marca A (200g) 100%
0005	Marca B (200g) 50%
0006	Marca B (200g) 100%
0007	Marca C (25kg) 50%
0008	Marca C (25kg) 32%
0009	Marca C (800g) 100%
00010	Marca C (25kg) 100%

Fonte: Autores

Tabela 1: Portfólio da linha de achocolatados em pó

3.2. Cenário Atual

3.2.1 Cobertura de Estoque

Atualmente, o principal problema dessa categoria de produtos enfrentado pela companhia é alta cobertura de estoque. A produção atual ocorre de forma empurrada, ou seja, é produzida com base em uma previsão de demanda. Após sucessivos meses de vendas abaixo do esperado, o segmento começou a enfrentar problemas como os altos custos de armazenagem, além de problemas com vencimento de produto e rejeição do produto pelos principais clientes, que só compram produto fresco. A cobertura ideal de estoque a nível nacional, para ser possível atender as vendas em todos pontos logísticos, é definida pela empresa entre 30 a 45 dias. A seguir, na tabela 3, estão os dados das coberturas de estoque, em dias, de cada produto nos fechamentos dos meses de julho a dezembro de 2017. Analisando os dados da tabela 2, é possível notar que a cobertura está muito além da ideal.

Código	Descrição	jul/17	ago/17	set/17	out/17	nov/17	dez/17
00003	Marca A (200g) 50%	52	76	94	126	136	132
00001	Marca A (500g) 50%	65	70	63	57	104	95
00007	Marca C (25kg) 50%	58	57	57	48	68	147
00002	Marca A (500g) 32%	57	57	94	73	126	226
00008	Marca C (25kg) 32%	66	51	101	72	59	238
00005	Marca B (200g) 50%	59	156	102	20	79	104
00006	Marca B (200g) 100%	56	203	177	81	102	122
00004	Marca A (200g) 100%	54	80	71	37	145	152
00010	Marca C (25kg) 100%*	0	0	0	0	0	0
00009	Marca C (800g) 100%**	0	0	0	0	0	0
Média Ponderada		55	84	92	84	121	133

(*)(**) produtos lançados em 2018

Fonte: Autores

Tabela 2: Cobertura de estoque em dias

3.2.2. Especificações da linha de produção

3.2.2.1 Dados de Produção

Abaixo, na Tabela 3, estão exibidos os dados de produção de cada produto da linha no cenário atual.

Código	Descrição	Frequência de Produção	KG/h	Lote mínimo(KG)
00001	Marca A (500g) 50%	Mensal	800	13599
00002	Marca A (500g) 32%	Mensal	800	13599
00003	Marca A (200g) 50%	Semanal	687	11676
00004	Marca A (200g) 100%	Mensal	646	10989
00005	Marca B (200g) 50%	Mensal	679	11538
00006	Marca B (200g) 100%	Mensal	638	10846
00007	Marca C (25kg) 50%	Mensal	833	14165
00008	Marca C (25kg) 32%	Mensal	833	14165
00009	Marca C (800g) 100%	Mensal	543	9230
00010	Marca C (25kg) 100%	Mensal	784	13316

Fonte: Autores

Tabela 3: Dados de produção

É possível notar que a maioria dos produtos tem uma frequência de produção mensal, visando otimizar a ocupação da linha e aumentar a produtividade. Entretanto, esse tipo de produção torna o cenário pouco flexível e pouco reativo as variações de venda do mercado. Além disso, os lotes mínimos de produção estabelecidos pela fábrica para melhor performance da linha, também são uma barreira em relação a flexibilidade.

3.2.2.2 Setup

O setup se equivale ao tempo que a linha fica parada entre a produção de dois produtos diferentes. Geralmente, esse tempo é necessário para ajustes e limpeza na linha para que a mesma fique adequada para produzir o produto seguinte.

Os possíveis cenários de setup entre os produtos feitos na linha em estudo são apresentados abaixo.

- Cenário 1 (Produtos de 800g e 2kg):

Do 100% Cacau para 50% Cacau para 32% Cacau = 72 min

- Cenário 2 (Produtos de 200g):

Do 100 % Cacau para o 50% Cacau = 72 min

Para produtos de mesmo % de sacarose = 30 min

- Cenário 3 (Produtos de 25kg):

Do 100% Cacau para 50% Cacau para 32% Cacau = 72 min

Para produtos de mesmo % de sacarose = 30 min

A sequência ótima de produção, ou seja, a sequência de produtos em que a linha apresenta o melhor output é a seguinte:

Tipo de Chocolate: 100% Cacau → 50% Cacau → 32% Cacau

3.3. Implementação do sistema puxado de produção

A proposta de melhoria do cenário atual está atrelada à implementação do sistema puxado de produção. O projeto visa, essencialmente, a diminuição da cobertura de estoque a partir de uma flexibilização da linha, de modo a permitir trocas do SKU em processo com mais frequência. Dessa forma, os volumes de produção de cada produto terão planejamento mais assertivo e enxuto, adicionalmente à maior rapidez nas alterações de plano conforme variabilidade da demanda, aproximando-se assim ao conceito de just in time.

Para trabalhar essa mudança na fábrica estudada, inicialmente deve-se entender as ocorrências de paradas não planejadas e aplicar um método de correção. Em paralelo, buscar a diminuição dos setups permitirá realizar mais trocas na linha sem que se perca volume de produção. A

partir de uma redução no tempo de produção de um SKU para outro, o nível do inventário será também reduzido, pois não será necessária uma alta cobertura que assegure o período até a reinserção do produto no sistema produtivo.

3.3.1. Redução das paradas não planejadas

Para analisar as paradas não planejadas da linha estudada, que hoje representam 17,33%, foi realizada uma reunião com os responsáveis da fábrica para entender suas causas. Os principais motivos que resultam em parada da produção foram listados a seguir.

- Embalagens com presença de metal;
- Cartuchos tortos e/ou manchados;
- Entupimentos na linha durante a produção dos itens 100% cacau;

Analisando essas causas, notou-se que a fábrica enfrenta uma dificuldade para alguns casos que está além do seu alcance. Por exemplo, os desvios nos cartuchos utilizados na linha, são uma falha do fornecedor, o qual se recusa a assumir esta responsabilidade. Para o problema de entupimento da linha durante a produção dos SKUs 100% cacau, é necessário que haja um investimento na linha para trocar parte dos equipamentos. Hoje, a empresa não disponibiliza de recurso necessário para esse upgrade, o que impossibilita uma melhoria a curto prazo.

Por fim, o problema de presença de metal nas embalagens de papelão, ocorre devido ao fato das embalagens serem oriundas de papelão reciclável e possuem resquícios de metal em sua composição. Como, até o momento, estão descartadas ações corretivas por parte do fornecedor e faltam fornecedores alternativos, a fábrica teve uma iniciativa interna de mudança de layout para sanar esse problema. Atualmente, o layout da linha possui um detector de metais onde todos os produtos devem, necessariamente, passar pelo detector. Dessa forma, os SKUs que são disponibilizados em displays de papelão, muitas vezes geram uma parada na linha enquanto estão sendo produzidos. Como o alimento não entra em contato com o papelão, pois está envolvido primariamente por um sachet, não é necessário que passe pelo detector. Sendo assim, a fábrica irá mudar o layout da linha de modo que só os sachets passem pelo detector, eliminando por completo as paradas relacionadas a presença de metal na embalagem de papelão. Foi estimado pela fábrica que essa medida acarretaria em uma redução de 5% nas paradas não planejadas, reduzindo o indicador para aproximadamente 12%.

3.3.2. Redução dos Setups

Para o caso estudado, foram analisadas algumas das medidas de sucesso tomadas em outras fábricas da companhia para definir o que seria aplicável de forma a trazer benefícios. A primeira ação definida foi a realização de um treinamento com a equipe responsável pelos setups na linha de modo a transmitir para os colaboradores a importância da agilidade naquele processo e os impactos financeiros para a empresa, além da melhoria no atendimento do cliente. O segundo ponto a ser melhorado é a reorganização das ferramentas utilizadas para a realização dos setups. A armazenagem será planejada para que cada ferramenta fique próximo a área onde é mais utilizada. Os operadores serão instruídos a separarem e organizarem as ferramentas necessárias para o próximo setup da linha de forma antecipada, ou seja, já deixar todas ferramentas que serão utilizadas naquele setup em específico próximo ao seu alcance e quando a linha parar já iniciar as atividades imediatamente.

Por fim, a fábrica realizará um investimento para renovar seus equipamentos utilizados nos setups da linha, adquirindo produtos mais modernos, eficientes e ergonômicos, que também irão proporcionar um impacto positivo ao operador.

O uso desse conjunto de técnicas já foi realizado em outras fábricas da companhia e apresentou um efeito médio de 20% de redução dos setups no processo produtivo da empresa. Aplicando esse fator nos tempos de troca atuais da linha, podemos considerar a seguinte redução:

- Cenário 1 (Produtos de 800g e 2kg):

Do 100% Cacau para 50% Cacau para 32% Cacau = 58 min

Redução total = 14 min

● Cenário 2 (Produtos de 200g):

Do 100 % Cacau para o 50% Cacau = 58 min

Redução total = 14 min

Para produtos de mesmo % de sacarose = 24 min

Redução total = 6 min

● Cenário 3 (Produtos de 25kg):

Do 100% Cacau para 50% Cacau para 32% Cacau = 58 min

Redução total = 14 min

Para produtos de mesmo % de sacarose = 24 min

Redução total = 6 min

3.3.3. Aumento da frequência de produção

Para possibilitar a implementação da produção puxada, é necessário que seja aumentada a frequência de produção dos SKUs para aumentar a flexibilidade da linha. Esse aumento na frequência de produção conforme figura 1, também gera maior número de trocas entre produtos na linha, ou seja, maior tempo de setup e de paradas na linha. Por isso, esta etapa só foi possível devido às etapas anteriores, que buscaram uma redução nos tempos de setup e nas paradas não planejadas, permitindo que haja mais trocas sem perda de produtividade.

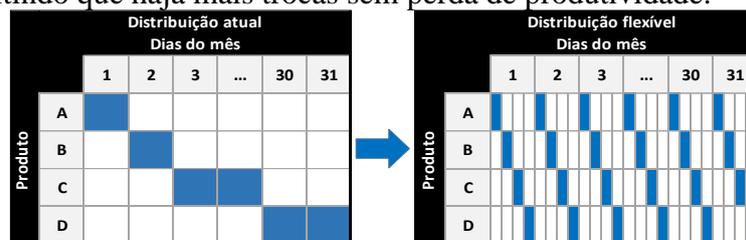


Figura 1: Esquema distributivo de trocas na linha produtiva

Fonte: Os autores

No cenário atual, para produzir todo portfólio da linha são necessárias 5 semanas de produção com 13 trocas na linha, totalizando 792 minutos de parada por setup, ou 13,2 horas. Além disso, do tempo total teórico operado na linha em 5 semanas é de 840 horas, sendo 17,33% de paradas não planejadas, que significam 145,5h paradas. Portanto, em 5 semanas a linha opera de forma eficiente, descontando setups e paradas não planejadas, por 681,3h, ou 136h por semana em média.

No novo cenário, o objetivo é que todo portfólio possa ser produzido com uma frequência semanal sem perder eficiência na linha. Ou seja, 10 trocas de produto na semana, que totalizam 580 minutos (9,6 horas) baseados nos novos tempos de setup. O tempo teórico de operação da linha é de 168h na semana, que descontando 12% (20 horas) de paradas não planejadas e o tempo de setup, resulta em 138 horas na semana operando de forma eficiente, o que é válido quando comparado às 136 horas do cenário anterior. Sabendo que o Kg/h médio da linha é de 724kg/h, é possível estimar que os lotes mínimos de cada SKU poderiam ser reduzidos, em média, para 9.400kg cada.

3.3.4. Cálculo de ponto de reposição

Para projetar a nova cobertura de estoque dos SKUs da linha de achocolatados em pó foi utilizada uma ferramenta de cálculo de ponto de reposição, desenvolvida pelo departamento de lean da empresa. O ponto de reposição indica qual deve ser o nível de estoque ótimo por ponto logístico necessário para atender as vendas e, ao mesmo tempo, evitar custos de inventário além do necessário.

A seguir, estão detalhados os parâmetros considerados pela ferramenta, assim como os valores que foram utilizados para o presente estudo.

Tempo de ritmo: A primeira parte da ferramenta realiza o cálculo do tempo de ritmo, também conhecido como takt time, em outras palavras, o ritmo de produção necessário para atender a demanda. Aqui foram inseridos os 10 produtos da linha em sua sequência ótima de produção. Para cada troca de material, foi parametrizado o novo tempo de setup conforme calculado na seção anterior. Em seguida, foi imputado o output de produção de cada material, o chamado Kg/h. Por fim, leva-se em conta o histórico de venda semanal, somado ao histórico de abastecimento de todos pontos logísticos nas últimas 52 semanas.

Supermercado: Nesta etapa, baseado na informação obtida na seção anterior e levando em conta os novos parâmetros, é calculado o supermercado, ou seja, o estoque necessário para suportar as variações de venda, com base no histórico, e nos demais parâmetros especificados. Primeiramente, foram inseridos os novos lotes mínimos de produção para cada SKU, que foram especificados anteriormente. Também foi considerado o tempo de liberação de qualidade, ou seja, quanto tempo demora desde que o produto saia da linha de produção até estar liberado para venda. Para os itens em estudo, esse tempo é de dois dias. Outro fator que tem influência sobre a cobertura de estoque é o tempo de trânsito da fábrica para os CDs, afinal o estoque tem que ser capaz de suprir a necessidade de vendas durante o tempo de deslocamento. O tempo de trânsito considerado para o CD1 foi de um dia e para os CDs 2 e 3 foi de 4 dias.

A seguir, a ferramenta solicita que seja inserido um importante parâmetro, chamado de fator Z. Esse fator levará em conta o nível de serviço desejado, ou seja, a porcentagem de atendimento das vendas. Para este estudo, foi considerado o target de nível de serviço dessa categoria de produtos, que é de 98,5%. Com o auxílio da tabela de distribuição normal, o fator Z para esse nível de serviço desejado é de 2,054.

Por fim, a ferramenta agrega todas as informações inseridas e calculadas e fornece o supermercado, ou seja, o estoque necessário de cada produto para garantir o atendimento das vendas com o nível de serviço desejado. A figura 9 ilustra as variáveis envolvidas para o cálculo do ponto de reposição. Para o presente estudo, a nova cobertura de estoque calculada em volume e em dias para cada produto pode ser visto na tabela 4 abaixo.

CÓDIGO	DESCRIÇÃO	Estoque (PR) Calculado (kg)	Demanda Média 2018	Cobertura de Estoque Calculada (dias)
0001	Marca A (500g) 50%	32239	44000	22
0002	Marca A (500g) 32%	15564	21000	22
0003	Marca A (200g) 50%	127391	129000	30
0004	Marca A (200g) 100%	12676	17000	22
0005	Marca B (200g) 50%	29224	23000	38
0006	Marca B (200g) 100%	11566	12000	29
0007	Marca C (25kg) 50%	26117	35000	22
0008	Marca C (25kg) 32%	7986	11000	22
0009	Marca C (800g) 100%	0*	4000	0*
00010	Marca C (25kg) 100%	0*	4000	0*
Cobertura Média				25

(*) Produtos lançados em 2018. Sem histórico de venda para cálculo do PR

Fonte: Autores

Tabela 4: Cobertura de estoque calculada

3.1. Simulação dos cenários – Promodel

Para elucidar as vantagens que o modelo proposto garante ao processo de produção estudado, foram realizadas simulações dos cenários abordados no software Promodel. Este realiza projeções de eventos discretos, permitindo-se o planejamento e análises de processos de manufatura, logística, serviços, entre outros (BELGE, 2018). O objetivo foi demonstrar que, mesmo com o aumento de frequência de produção de cada SKU, há ganhos nos indicadores de produtividade.

A simulação do cenário atual, foi baseada nos seguintes parâmetros:

- 1) Quantia mínima entre lotes mínimos de produção e demanda mensal média do ano – tabelas 4 e 6;
- 2) Frequência de produção – tabela 4;
- 3) Capacidade produtiva – tabela 6;
- 4) Setups atuais;
- 5) Tempo de parada não planejada – 17%;
- 6) Sequência ótima de produção;
- 7) Simulação de 5 semanas de produção, considerando os 3 turnos diários (24 horas ininterruptas).

Para realizar a simulação com valores de input menores, foi realizado um cálculo de conversão de lotes em quilogramas de chocolate para total contido em produto (200g, 500g, 800g ou 25kg). Da mesma maneira, adequou-se a capacidade produtiva de kg/h para produtos/min.

A figura 2 mostra a análise de desempenho do maquinário projetado. Nota-se que, nessa disposição, a máquina apresenta 18% de ociosidade, aproximando-se com o percentual aproximado de paradas não planejadas. O tempo de setup representa, no período programado, pouco mais de 1% e o correspondente total em operação efetiva é de 63%.

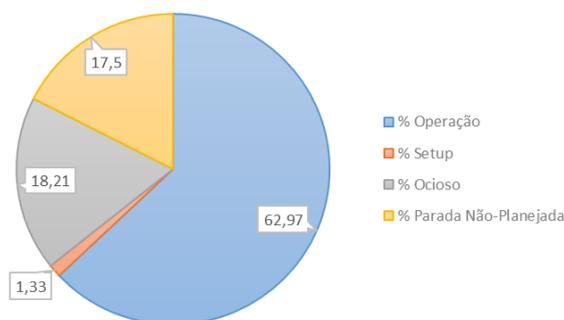


Figura 2: Desempenho de máquinas - cenário atual

Fonte: Os autores

Tratando do cenário proposto através da diminuição dos setups e lotes de produção, seguimos com os parâmetros abaixo:

- 1) Lote mínimo proposto de 9.400 kg
- 2) Frequência de produção semanal;
- 3) Capacidade produtiva média calculada – 724 kg/h;
- 4) Setups reduzidos em 20%;
- 5) Tempo de parada não planejada – 12%;
- 6) Sequência ótima de produção;

7) Simulação de 5 semanas de produção, considerando os 3 turnos diários (24 horas ininterruptas).

No cenário proposto conforme figura 3, o percentual de operação efetiva dentro do período programado é de aproximadamente 67%. E setup, nesse caso, representa pouco mais de 3%, mas o nível de ociosidade chega a 17,8%.

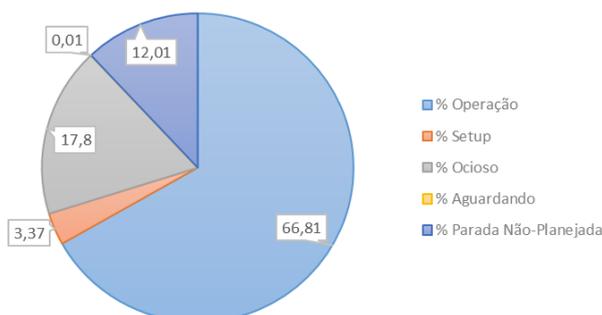


Figura 3: Desempenho de máquinas - cenário proposto

Fonte: Os autores

Pode-se observar que no segundo cenário, apesar de a parcela de representatividade de setup ter aumentado dentro do tempo total de funcionamento da máquina, o que era esperado como consequência do aumento de trocas de produtos na linha, a redução dos tempos de paradas não planejadas teve forte contribuição para aumento da produtividade. A partir dos ganhos conquistados pela aplicação do SMED e o aumento da frequência de entrada de produtos na linha, conseguimos usufruir melhor dos turnos de produção e garantir a disponibilização de produto de maneira gradual nos centros de distribuição, evitando que grandes lotes sejam entregues de uma só vez ou que seja necessário armazenar além do adequado como consequência da roda de produção inflexível.

O comparativo dos resultados gerais de cada cenário vem a seguir na tabela 5.

	Tempo Programado (horas)	Total de Entradas	% Utilização
Cenário Atual	738	1.033.132	64%
Cenário Proposto	816	1.159.539	70%
Parcela de desvio	10,5%	12,2%	6%

Fonte: Os autores

Tabela 5: Comparativo de cenários em tempo de simulação

A partir da simulação, podemos mensurar o percentual de utilização de cada local construído em um período definido, ou seja, o tempo que cada estrutura está trabalhando com o recurso a ser transformado, como por exemplo máquinas, esteiras e estoques. A tabela 8 demonstra que, em relação ao período total de simulação indicado pelo Promodel, o cenário proposto resulta em 6% mais direcionamento de matéria para máquinas que o atual. Isso significa que do programado, a estrutura de produção teve aumento de participação no tempo total de funcionamento da fábrica, ainda que nessa parcela tenhamos a divisão de tempo em operação e tempo de manutenções (setups e paradas).

4. Análise e Discussão dos Resultados

Analisando os resultados obtidos com o projeto, é possível notar que foram obtidas melhorias em todos pontos críticos do processo que se fazem necessário para a implementação dos conceitos de sistema puxado, sendo eles: redução de paradas não planejadas, redução de setups

e redução dos lotes mínimos de produção. Com isso, obteve-se o ganho de flexibilidade em relação às frequências de produção de cada produto resultando na redução das coberturas de estoque. Na tabela 6 foram comparadas as coberturas de estoque de cada produto antes e depois do estudo.

		Média 2017	Média Futura	Comparativo
00003	Marca A (200g) 50%	103	30	-71%
00001	Marca A (500g) 50%	76	22	-71%
00007	Marca C (25kg) 50%	72	22	-69%
00002	Marca A (500g) 32%	106	22	-79%
00008	Marca C (25kg) 32%	98	22	-78%
00005	Marca B (200g) 50%	87	38	-56%
00006	Marca B (200g) 100%	124	29	-77%
00004	Marca A (200g) 100%	90	22	-76%
00010	Marca C (25kg) 100%	0*	0*	0*
00009	Marca C (800g) 100%	0*	0*	0*
	Cobertura Média	95	25	-74%

(*) Produtos lançados em 2018

Fonte: Autores

Tabela 6: Comparativo dos estoques por produto em dias de cobertura

5. Conclusão

O caso analisado apresentou desafios e dificuldades que são encontrados com produções de larga escala e rede de distribuição complexa. No cenário estudado, a companhia enfrentava um período de baixa performance de vendas da linha de produtos de achocolatados em pó, o que acarretou em elevados níveis de estoque. No cenário inicial, a produção era planejada de forma empurrada, ou seja, baseada em uma demanda prevista. Tal forma de planejamento se mostrou vulnerável para um cenário de declínio das vendas, onde não teve recursos para acompanhar as oscilações entre venda e demanda e culminou em altos custos e estoque e prejuízos financeiros relacionados a frescor e vencimento de produtos.

Analisando os problemas enfrentados pela empresa foi notório que a implementação de conceitos de produção puxada poderia ajudar a resolve-los. Foi necessário identificar e atacar cada parte do processo que era uma barreira para que a produção puxada fosse implementada. Os altos tempos de setup entre a produção de dois itens foram reduzidos através da aplicação de ferramentas lean como o SMED e o 5S. Já o problema de alto índice de paradas não planejadas na linha teve uma melhora significativa após uma mudança de layout na linha de produção. Com melhores tempos de setup e a redução de paradas indesejadas na linha, foi otimizado o tempo produtivo, o que possibilitou uma redução nos lotes mínimos de produção e, por consequência, o aumento da frequência produtiva de cada material sem perder eficiência, gerando a flexibilidade necessária para ter uma produção puxada.

A partir da utilização do Promodel foi possível visualizar os entraves para se flexibilizar a produção de uma gama alta de produtos, já que a entrada de cada tipo de mercadoria da empresa na linha demanda muito tempo, já que os lotes envasados por vez são em larga escala. Diminuí-los, por sua vez, traz um benefício em produtividade e impacta positivamente toda malha logística envolvida, mesmo que para isso seja necessária elevar as trocas da roda de produção. Com os novos parâmetros da linha, foi utilizada uma ferramenta da empresa para realizar o cálculo do ponto de reposição, que estipulou os novos níveis de estoque necessário para o

atendimento das vendas levando em conta as complexidades de toda cadeia. Os resultados atingidos foram satisfatórios visto que apresentaram uma redução na cobertura de estoque para todos os itens estudados. Analisando a cobertura média entre os produtos da linha, foi obtida uma redução de 95 para 25 dias, que representa uma queda de aproximadamente 74%. Sendo assim, no novo cenário, foi possível atingir um sistema híbrido de produção, onde os conceitos da produção puxada proporcionaram para a companhia uma redução em seus custos de inventário, um aumento da flexibilidade em sua linha produtiva e a redução dos gastos com vencimento de produto.

Referências

- BELGE**, Consultoria. Promodel: O primeiro e único simulador do mercado em Português. Disponível em: <<http://www.belge.com.br/promodel-intro.php>>. Acesso em: 01 jul. 2018.
- BOWERSOX, D.J.; COOPER, M.B; CLOSS, D.J.** Gestão logística de cadeias de suprimentos. 4ª ed. [S.l.]: Bookman Companhia, 2014. 455 p.
- CORRÊA, H.L.** Gestão de Redes de Suprimento: integrando cadeias de suprimento no mundo globalizado. [S.l.]: Editora Atlas S.A, 2010. 414 p.
- GONÇALVES, A.S.** Desafios e resultados durante implementação de ferramentas lean. Revista Gestão Industrial, Paraná, 01 abr. 2015. Disponível em: <<https://periodicos.utfpr.edu.br/revistagi/article/view/3052>>. Acesso em: 29 out. 2017.
- JUSTA, M.A.O; BARREIROS, N.R.** Técnicas de gestão do sistema Toyota de produção. Revista Gestão Industrial, Paraná, 01 mai. 2009. Disponível em: <<https://periodicos.utfpr.edu.br/revistagi/article/view/207/324>>. Acesso em: 24 out. 2017.
- MONDEN, Y.** Produção sem estoques-Uma abordagem prática ao sistema de produção da Toyota. São Paulo: IMAM, 1984.
- OHNO, T.** O sistema Toyota de produção: além da produção em larga escala. Porto Alegre: Bookman, 1997.
- REBELATO, M.G.; MADALENO, L.L; RODRIGUES, A.M.** Um estudo sobre a aplicabilidade do sistema puxado de produção na fabricação de açúcar. Revista Gestão Industrial, Paraná, 01 jul. 2011. Disponível em: <<https://periodicos.utfpr.edu.br/revistagi/article/view/673/649>>. Acesso em: 25 out. 2017.
- SHINGO, S.** O sistema Toyota de produção: do ponto de vista da engenharia de produção. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 1996.
- SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R.** Administração da produção. 3ª. ed. São Paulo: Editora Atlas S.A, 2009. 703 p.
- SMED** (Single-Minute Exchange of Dies). Disponível em: <<https://www.leanproduction.com/smed.html>>. Acesso em: 18 abr. 2018.