



ConBRepro

XII CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO



ESG nas Engenharias

30 a 02
de dezembro 2022

Dimensionamento de lotes e gerenciamento de estoque: Aplicação ao setor de injeção plástica de uma empresa

Thiago Tristão Marqueze

CPGEI – Universidade Tecnológica Federal do Paraná

João Luiz Kovalski

PPGEP – Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Leandro Magatão

CPGEI – Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Resumo: Em um ambiente industrial competitivo, buscaram-se diferentes soluções para aumentar os lucros. Uma delas é por meio da redução de estoques, reduzindo o valor de ativo parado da empresa e otimizando a área fabril. Este trabalho foi desenvolvido em uma fábrica real com dez máquinas e 77 diferentes produtos, dos quais 18 deles foram abordados nas avaliações realizadas. Primeiramente foram dimensionados os lotes mínimos de produção. Na sequência, foi calculado o tempo de cobertura do estoque, e tal valor foi convertido em peças. O próximo passo foi calcular quantas cartas *kanban* cada produto deve possuir. Em seguida, o estoque foi dimensionado para as particularidades da fábrica, levando em consideração as dimensões da área de estoque e das caixas. As fileiras com ocupação superior a 80% tiveram suas peças dispostas no chão, com empilhamento de acordo com as normas da empresa. Já as fileiras com eficiência de estoque abaixo de 80%, tiveram suas peças dispostas em *flow racks* com diversos níveis de entrada, de modo a elevar a eficiência do estoque e a otimização da área fabril. Comparando o modo com que o estoque era disposto anteriormente a este trabalho, houve uma redução de 53% para área ocupada por 15 das 18 peças de amostra. Considerando todas as 77 peças, este trabalho proporcionou um ganho de 8,5% de área fabril com a redução do estoque.

Palavras-chave: Dimensionamento de lotes, Gerenciamento de estoque, *Kanban*, Produção Enxuta.

Lot sizing and inventory management: Application to the plastic injection sector of a company

Abstract: In a competitive industrial environment, different solutions are sought to increase profits. One of them is reducing inventories, reducing the value of the company's idle assets, and optimizing the manufacturing area. This work was carried out in a real factory with ten machines and 77 different products, 18 of which were addressed in the evaluations. First, the minimum lot sizes were dimensioned. In sequence, the coverage time of the stock was calculated, and this value was converted into parts. The next step was calculating how many *Kanban* cards each product should have. Then, the stock was sized particularly to the factory, considering the dimensions of the stock area and the boxes. The rows with more than 80% occupancy had their pieces arranged on the floor, stacked following the company's standards. The rows with stock efficiency below 80% had their parts

arranged in flow racks with different entry levels to increase stock efficiency and optimize the manufacturing area. Comparing how the stock was arranged before, this work evidenced a 53% reduction for the occupied area, considering 15 of the 18 sample pieces. When considering all the 77 parts, this work provided a gain of 8.5% in the manufacturing area with the stock reduction.

Keywords: Lot sizing, Inventory management, *Kanban*, Lean Manufacturing.

1. Introdução

Em um ambiente industrial cada vez mais competitivo, buscam-se diversas alternativas para aumentar os lucros. Isto pode ser feito por meio do aumento da receita, ou então por meio da redução de desperdícios.

De acordo com o Sistema Toyota de Produção, do inglês *Toyota Production System* (TPS), que é focado em eliminar os desperdícios da produção, as avaliações relativas a estoque se apresentam como um dos pontos possíveis de atuação na busca pela redução de desperdícios. Pode-se mitigar esses desperdícios minimizando os estoques e área de ocupação dos produtos dentro da fábrica com a finalidade de, respectivamente, diminuir o valor de capital parado na empresa e o custo de ocupação de área fabril. Essa prática vem se tornando cada vez mais comum nos diferentes setores industriais com a aplicação dos conceitos de manufatura enxuta.

2. Referencial Teórico

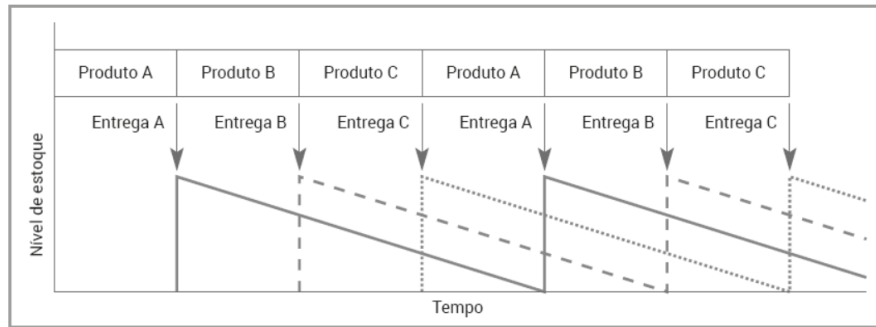
2.1 Estoque

“Estoque é o termo usado para descrever a acumulação de materiais, clientes ou informações à medida que fluem através de processos ou redes.” (SLACK *et al.*, 2018, p 484). Ohno (1997) diz que a presença de estoques traz segurança para as pessoas desde os tempos agrícolas, pois os produtos eram estocados para os períodos em que não poderiam produzir. Essa filosofia se manteve durante séculos, e até a implementação do Sistema Toyota de Produção era impensável trabalhar sem estoques de matérias-primas, produtos semi-acabados e produtos acabados, pois estes traziam segurança para a empresa.

A mentalidade das empresas mudou radicalmente após a criação do TPS, onde foram listados sete tipos de desperdícios: Superprodução; espera; transporte; estoque; processamento excessivo; movimento e defeitos. Dentre eles, Ohno (1997) considera o estoque o pior de todos, pois ocupa uma área desnecessária, gasta com funcionários que manejam as peças do estoque, necessita de uma gestão de estoque, as peças podem se tornar defeituosas ou obsoletas após algum tempo e faz com que haja um desperdício de máquinas e mão-de-obra para a produção de peças sobressalentes.

No entanto, o estoque se torna necessário quando há uma grande variedade de produtos e a fábrica não é capaz de produzi-los simultaneamente, sendo chamado neste caso de estoque de ciclo (SLACK *et al.*, 2018). A Figura 1 traz um exemplo onde existem três produtos, porém a produção só é capaz de fabricar um produto por vez. Logo, é necessário produzir em lotes suficientemente grandes, gerando um estoque para suprir a demanda até que o produto seja fabricado novamente.

Figura 1 – Exemplo de estoque de ciclo



Fonte: SLACK *et al.* (2018)

Em um ambiente fabril, a presença de estoques pode representar a imobilização de centenas de milhares de reais da empresa. Reduzir os estoques pode liberar uma grande quantia de capital para a empresa, no entanto pode comprometer a entrega ao cliente, portanto é necessário realizar uma correta gestão de estoque (SHINGO, 2007).

A redução do estoque é um conceito presente na produção enxuta, que almeja oferecer exatamente o que os clientes desejam com qualidade perfeita, em quantidades precisas, entregue quando necessário, no local certo e com o menor custo possível (SLACK *et al.*, 2018).

Slack *et al.* (2018) complementa que o estoque muitas vezes acaba camuflando problemas industriais. Ao diminuir o estoque, problemas que antes não eram vistos, podem ser reconhecidos e superados.

2.2 Tamanho de lote

Shingo (2007) afirma que quando a produção é realizada em grandes lotes para compensar os longos tempos de troca de ferramenta, é gerado um estoque desnecessário.

O TPS inovou ao começar a trabalhar com lotes de produção pequenos, produzindo somente o necessário para o processo seguinte, buscando sincronizar a produção de cada unidade, para oferecer maiores variedades de produtos com um alto grau de flexibilização. Ohno (1997) exemplifica que, ao invés de produzir o carro A durante 4 horas e na sequência produzir o carro B por 4 horas, o TPS produz o carro A e B em sequências alternadas durante todo o período. No entanto, para aplicar este conceito, é necessário que o tempo de troca de ferramenta seja reduzido, pois muitas trocas significavam muito tempo de produção parada devido às trocas.

2.3 Kanban

O *kanban*, que em japonês significa sinal ou quadro visual, é um método de comunicação, apresentado na maioria das vezes como um cartão fixado nas embalagens das peças, que visa transmitir uma ordem de produção, desenvolvido para atingir a produção *Just in Time* (JIT). O *kanban* converte um sistema empurrado em um sistema puxado (UKEI *et al.*, 2021).

Em um sistema produtivo puxado, quando as peças são consumidas e o estoque diminui, os cartões *kanban* voltam como uma ordem de produção, para que esta reabasteça o processo. A redução no número de cartas *kanban* no sistema reduz o estoque total (LIKER; MEIER, 2014).

Adnan *et al.* (2013) propõem que o dimensionamento de cartas *Kanban* seja calculado por meio da Equação (1).

$$N^{\circ} \text{ Cartas Kanban} = \frac{\left(\left(\frac{TCOMP + TR}{TKT} \right) + ES \right)}{PC} + TE \quad (1)$$

onde, $TCOMP$ é o tempo de compra da peça, TR o tempo de reposição da peça, TKT o *takt time*, ES o estoque de segurança, PC o número de peças por caixa e TE o tempo de espera da carta *Kanban*.

Peinado e Graeml (2007) propõem a Equação (2) para o dimensionamento de cartas *Kanban*.

$$N^{\circ} \text{ Cartas Kanban} = \frac{LM}{PC} + \frac{ES}{PC} + \frac{D * TR}{PC} + 1 \quad (2)$$

onde, LM é o lote mínimo de produção e D a demanda.

3. Desenvolvimento prático e resultados obtidos

O presente estudo foi realizado em uma fábrica que produz peças plásticas. O objetivo do estudo é otimizar a área fabril por meio do dimensionamento do estoque das peças plásticas. A usina (fábrica) possui 10 máquinas e produz um total de 77 peças. Por possuir uma diversidade de produtos superior ao número de máquinas disponíveis, é necessário realizar a troca de equipamentos e fabricação baseada em lotes, gerando estoques que supram a demanda diária de todos os itens.

Nesta seção são compartilhados os cálculos propostos e realizados levando em conta 18 peças, para fins de exemplificação do racional empregado. Essas peças foram selecionadas em uma análise prévia devido à potencial diminuição de estocagem.

3.1 Dimensionamento do lote de produção

O primeiro passo foi realizar um levantamento do estoque inicial para cada uma das peças produzidas e seu consumo diário (médio). Na sequência o estoque em dias foi calculado por meio da Equação (3). O levantamento se encontra na Tabela 1.

$$\text{Estoque (dias)} = \frac{\text{Estoque (peças)}}{\text{Consumo diário (peças)}} \quad (3)$$

Tabela 1 – Estoque inicial e consumo diário para a amostra

Item	Estoque Inicial (Peças)	Consumo Diário (Peças)	Estoque (Dias)
Peça 1	3384	400,0	8,5
Peça 2	720	19,3	37,3
Peça 3	3672	133,6	27,5
Peça 4	2808	112,9	24,9
Peça 5	3240	387,1	8,4
Peça 6	3240	142,9	22,7
Peça 7	504	112,9	4,5
Peça 8	400	115,7	3,5
Peça 9	450	245,7	1,8
Peça 10	504	112,9	4,5
Peça 11	700	112,9	6,2
Peça 12	504	130,7	3,9
Peça 13	3240	133,6	24,3
Peça 14	1512	278,6	5,4
Peça 15	960	98,6	9,7
Peça 16	3360	238,6	14,1
Peça 17	2576	365,7	7,0
Peça 18	216	30,7	7,0

Fonte: Autoria Própria (2022)

O próximo passo foi reunir os dados referentes ao Tempo de Troca da Ferramenta (TTF), o Tempo de Ciclo (TC), o número de peças por caixa e o *takt time*, que pode ser interpretado

como o tempo em que a peça é consumida para atender a demanda. Os referidos dados são sumarizados na Tabela 2.

Tabela 2 – TTF, tempo de ciclo e peças por caixa para a amostra

Item	TTF (Segundos)	TC (Segundos/Peça)	PC (Peças)	TKT (Segundos)
Peça 1	1176	42	94	181,4
Peça 2	1176	53	18	2765,8
Peça 3	1176	49	102	399,3
Peça 4	1176	36	78	170,1
Peça 5	1176	43	90	187,4
Peça 6	1176	43	90	507,8
Peça 7	1176	49	14	170,1
Peça 8	1176	56	10	626,9
Peça 9	1176	56	6	295,2
Peça 10	1176	52	14	170,1
Peça 11	1176	46	14	170,1
Peça 12	1176	58	7	555,0
Peça 13	1176	46	90	399,3
Peça 14	1344	23	42	191,5
Peça 15	1176	63	20	735,9
Peça 16	1176	42	60	304,1
Peça 17	1176	23	46	145,9
Peça 18	1344	46	9	1736,7

Fonte: Autoria Própria (2022)

Com os dados coletados, os cálculos se iniciaram com a estimativa do Tamanho de Lote de Produção (TLP), definido pela Equação (4), que representa o tamanho mínimo viável do lote de produção.

$$\text{Tamanho de Lote de Produção (peças)} = \frac{TTF * Coef}{TC} \quad (4)$$

onde, *Coef* é um coeficiente definido pela empresa para que a máquina fique um tempo mínimo fabricando antes de passar ao próximo lote.

O resultado obtido para o tamanho de lote de produção muitas vezes não é múltiplo do número de peças por caixa, portanto é necessário arredondar o número ao próximo múltiplo deste valor, de modo que sejam produzidas somente caixas completas, chegando ao Tamanho de Lote de Produção Arredondado (TLPA), conforme a Equação (5). Os resultados podem ser visualizados na Tabela 3.

$$\begin{aligned} &\text{Tamanho de Lote de Produção Arredondado (peças)} \\ &= \left\lceil \frac{\text{Tamanho de Lote}}{\text{Peças por caixa}} \right\rceil * \text{Peças por caixa} \end{aligned} \quad (5)$$

Tabela 3 – Tamanho de Lote

Item	TLP (Peças)	TLPA (Peças)	Item	TLP (Peças)	TLPA (Peças)	Item	TLP (Peças)	TLPA (Peças)
Peça 1	280	282	Peça 7	120	126	Peça 13	128	180
Peça 2	111	126	Peça 8	210	210	Peça 14	584	588
Peça 3	120	204	Peça 9	210	210	Peça 15	93	100
Peça 4	163	234	Peça 10	113	126	Peça 16	280	300
Peça 5	273	360	Peça 11	128	140	Peça 17	511	552
Peça 6	137	180	Peça 12	203	203	Peça 18	146	153

Fonte: Autoria Própria (2022)

3.2 Dimensionamento teórico do estoque

Para dimensionar o estoque, é necessário levar em conta, além do tamanho do lote, o tempo que o estoque deve cobrir a necessidade, que é o somatório do tempo em que a produto ficará na fila de espera até ser fabricado novamente, o tempo de formação da primeira caixa fabricada e as ineficiências do processo. O Tempo de Espera, representado pela Equação (6), leva em conta o tempo em que a peça ficará na fila de espera durante a produção de outros produtos, até que ela seja produzida novamente.

$$\begin{aligned} \text{Tempo de Espera (segundos)} \\ = (\text{Tamanho fila} + 1) * (\text{TTF} * \text{Coef}) + (\text{Tamanho fila} + 1) \\ * \text{TTF} \end{aligned} \quad (6)$$

onde, *Tamanho fila* é o número de lotes na fila de espera de produção. Neste trabalho, o tamanho da fila foi considerado como 1.

O tempo de formação de caixa traz o tempo necessário para produzir a primeira caixa que logo será movida para o estoque e ficará disponível para uso, conforme a Equação (7).

$$\text{Tempo de Formação de Caixa (segundos)} = TC * PC \quad (7)$$

As ineficiências do processo consideram uma porcentagem do tempo total disponível desperdiçado, de acordo com a Equação (8).

$$\text{Ineficiências do Processo (segundos)} = INEF * TA \quad (8)$$

onde, *INEF* é a porcentagem de ineficiência da produção e *TA* é o tempo disponível para fabricação, dado em segundos. Os valores de *INEF* e *TA* considerados nesse trabalho foram respectivamente 15% e 86400 segundos.

O tempo total de estoque que deve ser coberto é apresentado pela Equação (9).

$$\begin{aligned} \text{Tempo de Cobertura de Estoque (segundos)} \\ = \text{Tempo de Espera} + \text{Tempo de Formação de Caixa} \\ + \text{Ineficiências do Processo} \end{aligned} \quad (9)$$

Deseja-se converter o resultado alcançado, que possui unidade de tempo, para a unidade de peças. Para isso, a Cobertura do Estoque (CE) é calculada usando a Equação (10):

$$\text{Cobertura do Estoque (peças)} = \frac{\text{Tempo de Espera}}{\text{Takt time}} \quad (10)$$

O Estoque Dimensionado (ED), visto na Equação (11), representa a quantidade de peças que devem ser produzidas a fim de que o estoque seja suficiente para atender toda a demanda necessária. Este trabalho adaptou as Equações (1) e (2). Dividindo o número de peças obtidos pelo número de peças por caixa é obtido o número de cartas *Kanban* necessárias para cada referência.

$$\text{Estoque Dimensionado (peças)} = \text{Tamanho de lote} + \text{Cobertura do Estoque} \quad (11)$$

Novamente, assim como o tamanho de lote de produção, o Estoque Dimensionado deve ser arredondado ao próximo múltiplo do número de peças por caixa, obtendo o Estoque Dimensionado Arredondado (EDA).

$$\begin{aligned} \text{Estoque Dimensionado Arredondado (peças)} \\ = \left\lceil \frac{\text{Estoque Dimensionado}}{\text{Peças por caixa}} \right\rceil * \text{Peças por caixa} \end{aligned} \quad (12)$$

Os resultados obtidos para a cobertura da fila, estoque dimensionado e cartas *Kanban* podem ser encontrados na Tabela 4.

Tabela 4 – Tamanho de Lote, Cobertura da Fila e Ineficiência e Total de Peças Produzidas

Item	CE (Peças)	ED (Peças)	EDA (Peças)	Cartas Kanban
Peça 1	236	518	564	6
Peça 2	10	136	144	8
Peça 3	80	284	306	3
Peça 4	176	410	468	6
Peça 5	228	588	630	7
Peça 6	61	241	270	3
Peça 7	163	289	294	21
Peça 8	63	273	280	28
Peça 9	133	343	348	58
Peça 10	163	289	294	21
Peça 11	163	303	308	22
Peça 12	71	274	280	40
Peça 13	78	258	270	3
Peça 14	227	815	840	20
Peça 15	38	138	140	7
Peça 16	136	436	480	8
Peça 17	273	825	828	18
Peça 18	17	170	171	19

Fonte: Aatoria Própria (2022)

Uma comparação entre o estoque inicial e o estoque obtido no dimensionamento de estoque é apresentado a seguir na Tabela 5.

Tabela 5 – Comparação entre Estoque Atual e Estoque Dimensionado

Item	Estoque Inicial		Estoque Dimensionado	
	(Peças)	(Dias)	(Peças)	(Dias)
Peça 1	3384	8,5	564	1,4
Peça 2	720	37,3	144	7,5
Peça 3	3672	27,5	306	2,3
Peça 4	2808	24,9	468	4,1
Peça 5	3240	8,4	630	1,6
Peça 6	3240	22,7	270	1,9
Peça 7	504	4,5	294	2,6
Peça 8	400	3,5	280	2,4
Peça 9	450	1,8	348	1,4
Peça 10	504	4,5	294	2,6
Peça 11	700	6,2	308	2,7
Peça 12	504	3,9	280	2,1
Peça 13	3240	24,3	270	2,0
Peça 14	1512	5,4	840	3,0
Peça 15	960	9,7	140	1,4
Peça 16	3360	14,1	480	2,0
Peça 17	2576	7,0	828	2,3
Peça 18	216	7,0	171	5,6

Fonte: Aatoria Própria (2022)

Conforme Tabela 5, o estoque dimensionado é significativamente menor do que o estoque inicial da fábrica, mostrando um grande potencial para a redução da quantidade de produtos dentro da empresa.

No entanto, o estoque dimensionado é um número teórico de peças com o objetivo de possuir um estoque mínimo de produção. No contexto em análise, também se faz necessário observar o arranjo físico da fábrica e a forma como o estoque é disposto fisicamente para a obtenção de valores de estoque que também considerem os detalhes de armazenamento. Por exemplo, por política da empresa, não são permitidas que duas

referências distintas ocupem a mesma fileira, para não gerar dificuldades de identificação aos operadores e facilitar a colocação e retirada de caixas; todas as fileiras de uma mesma região devem possuir o mesmo comprimento (medida de profundidade), para manter o padrão, facilitando o deslocamento através da fábrica e acesso às peças.

Tendo por base as restrições físicas mencionadas, foi calculada a capacidade real de estocagem, aqui denominada Capacidade Estoque Real (CER). Para isso foram identificadas as dimensões das áreas de estoque, as dimensões das caixas, e as regras de ergonomia referentes ao empilhamento de caixas, conforme Equação (13).

$$\begin{aligned} & \text{Capacidade Estoque Real (peças)} \\ & = PC * Fileiras * \frac{\text{Comprimento da fileira}}{\text{Comprimento da caixa}} * \text{Empilhamento} \end{aligned} \quad (13)$$

onde, *Fileiras* representa a quantidade de fileiras exclusivas para uma peça, *Comprimento da fileira* é o comprimento total em metros da fileira, *Comprimento da caixa* é o comprimento da caixa dado em metros, e *Empilhamento* é o limite de caixas que podem ser empilhadas de acordo com as normas de segurança da empresa.

A Tabela 6 traz uma comparação entre o estoque inicial, o estoque dimensionado e a capacidade do estoque real. É possível observar que, mesmo dispondo as peças na menor área de estoque da fábrica, ou seja, com o menor comprimento, a capacidade do estoque real ainda é muito maior do que o dimensionamento, e em muitos casos, maior até mesmo do que o estoque inicial.

Tabela 6 – Comparativo entre estoque inicial, dimensionado e real

Item	Estoque Inicial		Estoque Dimensionado		Capacidade Estoque Real	
	(Peças)	(Dias)	(Peças)	(Dias)	(Peças)	(Dias)
Peça 1	3384	8,5	564	1,4	3760	9,4
Peça 2	720	37,3	144	7,5	720	37,3
Peça 3	3672	27,5	306	2,3	4080	30,5
Peça 4	2808	24,9	468	4,1	3120	27,6
Peça 5	3240	8,4	630	1,6	3600	9,3
Peça 6	3240	22,7	270	1,9	3600	25,2
Peça 7	504	4,5	294	2,6	560	5,0
Peça 8	400	3,5	280	2,4	400	3,5
Peça 9	450	1,8	348	1,4	480	2,0
Peça 10	504	4,5	294	2,6	336	3,0
Peça 11	700	6,2	308	2,7	560	5,0
Peça 12	504	3,9	280	2,1	280	2,1
Peça 13	3240	24,3	270	2,0	3600	27,0
Peça 14	1512	5,4	840	3,0	1680	6,0
Peça 15	960	9,7	140	1,4	800	8,1
Peça 16	3360	14,1	480	2,0	2400	10,1
Peça 17	2576	7,0	828	2,3	1840	5,0
Peça 18	216	7,0	171	5,6	360	11,7

Fonte: Autoria Própria (2022)

Uma justificativa para que a capacidade do estoque real seja maior do que o estoque dimensionado é devido à baixa Eficiência do Estoque (EE), disponível na Equação (14), que mede a utilização da fileira. Os resultados podem ser vistos na Tabela 7.

$$\text{Eficiência do Estoque (\%)} = \frac{\text{Estoque Dimensionado Arredondado}}{\text{Capacidade Estoque Real}} \quad (14)$$

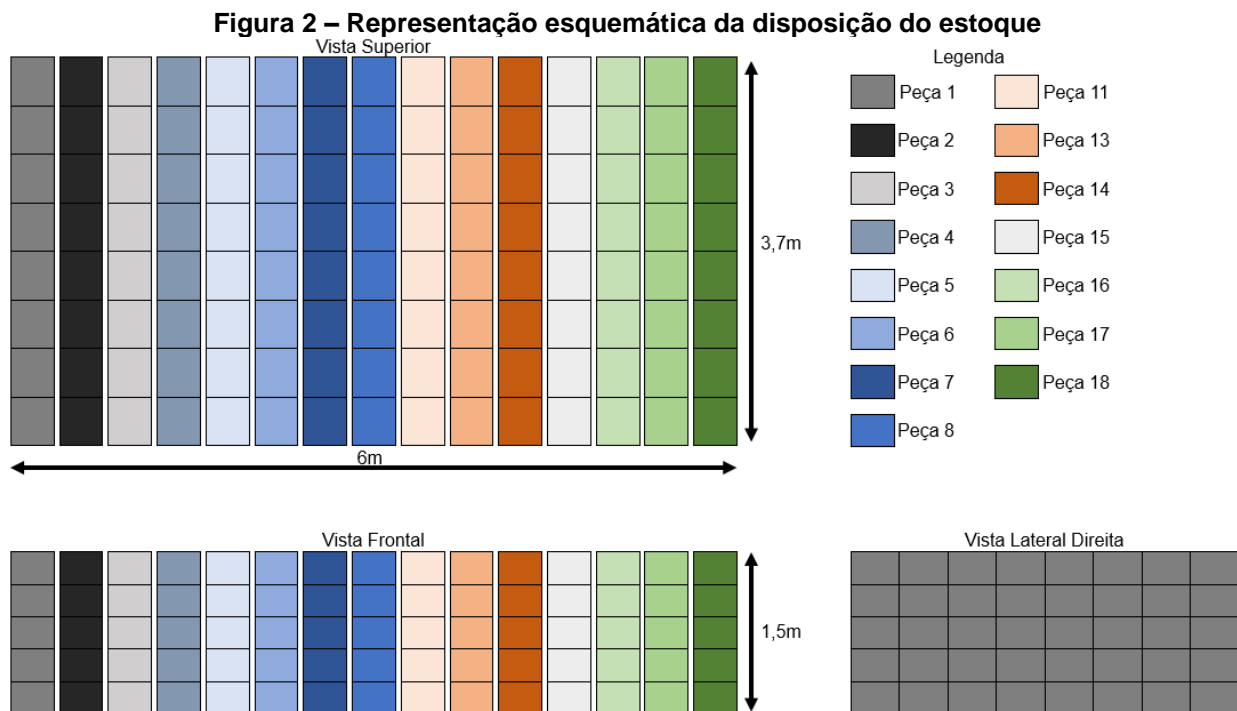
Tabela 7 – Estoque dimensionado, fileiras utilizadas, eficiência do estoque e capacidade estoque real

Item	EDA (Peças)	EDA (Kanban)	Fileiras utilizadas	EE	CER (Peças)	CER (Kanban)
Peça 1	564	6	1	15%	3760	40
Peça 2	144	8	1	20%	720	40
Peça 3	306	3	1	8%	4080	40
Peça 4	468	6	1	15%	3120	40
Peça 5	630	7	1	18%	3600	40
Peça 6	270	3	1	8%	3600	40
Peça 7	294	21	1	53%	560	40
Peça 8	280	28	1	70%	400	40
Peça 9	348	58	2	145%	480	80
Peça 10	294	21	1	88%	336	24
Peça 11	308	22	1	55%	560	40
Peça 12	280	40	1	100%	280	40
Peça 13	270	3	1	8%	3600	40
Peça 14	840	20	1	50%	1680	40
Peça 15	140	7	1	18%	800	40
Peça 16	480	8	1	20%	2400	40
Peça 17	828	18	1	45%	1840	40
Peça 18	171	19	1	48%	360	40

Fonte: Autoria Própria (2022)

Tomando como exemplo a peça 1, suas seis caixas ocupam somente 15% do CER que é de 40 caixas. Assim, temos que para a peça 1, 85% da área disponível estaria inutilizada. Na peça 12, é possível identificar que ela ocupa 100% do CER, logo não há desperdício. Já a peça 9, por sua vez, necessita de uma fileira completa e mais outra para suprir sua necessidade de estoque. É importante notar que 15 das 18 referências analisadas possuem uma ocupação abaixo de 80%.

Caso a disposição do estoque para as 15 peças continuasse da mesma maneira que era anteriormente, que considerava uma fileira inteira ocupada com a mesma referência e o empilhamento das caixas e com as referências dispostas lado a lado, a área total ocupada seria de 22,2m², conforme representação da Figura 2.

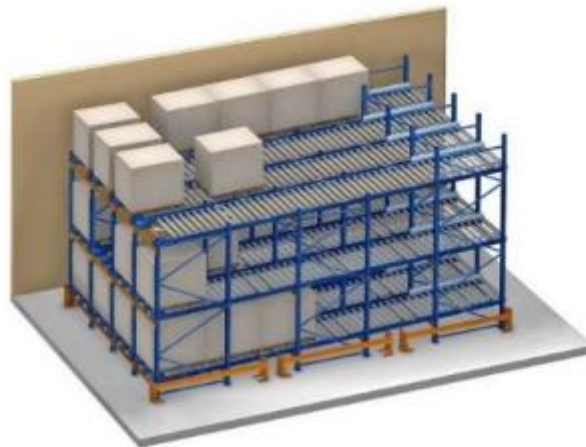


Fonte: Autoria Própria (2022)

3.3 Dimensionamento real adotado

Uma vez que a ocupação encontrada foi baixa, foi necessário buscar uma alternativa para otimizar o estoque e chegar o mais próximo possível do estoque dimensionado. Para isso, foram reunidos os 15 produtos com baixa ocupação das suas respectivas fileiras, e colocados em um *flow rack* (e.g., Figura 3), que permite agrupar diferentes peças na mesma fileira, pois as entradas são separadas por altura. Logo, no local no qual antes haveria somente uma peça, agora pode existir um número de referências igual ao número de níveis, otimizando o espaço.

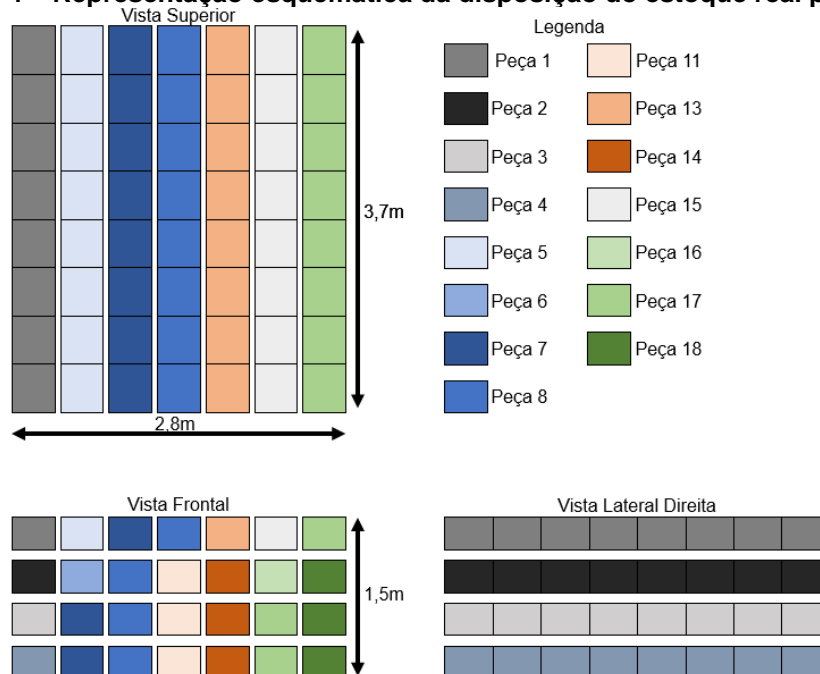
Figura 3 – Exemplo de *flow rack*



Fonte: SAFRONOV; NOSKO (2019)

Usando *flow racks* com 4 níveis, o Estoque Real Proposto (ERP) está representado em um desenho esquemático que pode ser visto na Figura 4.

Figura 4 – Representação esquemática da disposição do estoque real proposto



Fonte: Autoria Própria (2022)

Utilizando o *flow rack*, foi possível reduzir a área ocupada para 10,3m², uma redução de 53,3% se comparado com as 15 fileiras lado a lado. O Estoque Real Proposto (ERP) para as 15 peças dispostas no *flow rack* pode ser vista na Tabela 8, junto com o número de entradas utilizadas no *flow rack* e a eficiência do estoque.

Tabela 8 – Estoque dimensionado, número entradas utilizadas, eficiência do estoque e estoque real

Item	EDA (Peças)	EDA (Kanban)	Entradas Flow rack	EE	ERP (Peças)	ERP (Kanban)
Peça 1	564	6	1	75%	752	8
Peça 2	144	8	1	100%	144	8
Peça 3	306	3	1	38%	816	8
Peça 4	468	6	1	75%	624	8
Peça 5	630	7	1	88%	720	8
Peça 6	270	3	1	38%	720	8
Peça 7	294	21	3	88%	336	24
Peça 8	280	28	4	88%	320	32
Peça 11	308	22	3	92%	336	24
Peça 13	270	3	1	38%	720	8
Peça 14	840	20	3	83%	1008	24
Peça 15	140	7	1	88%	160	8
Peça 16	480	8	1	100%	480	8
Peça 17	828	18	3	75%	1104	24
Peça 18	171	19	3	79%	216	24

Fonte: Autoria Própria (2022)

Como pode-se notar na Tabela 8, a eficiência do estoque aumentou significativamente para todas as peças que foram inseridas no *flow rack*. Um comparativo entre o Estoque Inicial, o valor teórico do Estoque Dimensionado e o Estoque Real Proposto para as 15 peças pode ser visto na Tabela 9.

Tabela 9 – Comparativo entre estoque inicial, dimensionado e real proposto

Item	Estoque Inicial		Estoque Dimensionado		Estoque Real Proposto	
	(Peças)	(Dias)	(Peças)	(Dias)	(Peças)	(Dias)
Peça 1	3384	8,5	564	1,4	752	1,9
Peça 2	720	37,3	144	7,5	144	7,5
Peça 3	3672	27,5	306	2,3	816	6,1
Peça 4	2808	24,9	468	4,1	624	5,5
Peça 5	3240	8,4	630	1,6	720	1,9
Peça 6	3240	22,7	270	1,9	720	5,0
Peça 7	504	4,5	294	2,6	336	3,0
Peça 8	400	3,5	280	2,4	320	2,8
Peça 11	700	6,2	308	2,7	336	3,0
Peça 13	3240	24,3	270	2,0	720	5,4
Peça 14	1512	5,4	840	3,0	1008	3,6
Peça 15	960	9,7	140	1,4	160	1,6
Peça 16	3360	14,1	480	2,0	480	2,0
Peça 17	2576	7,0	828	2,3	1104	3,0
Peça 18	216	7,0	171	5,6	216	7,0

Fonte: Autoria Própria (2022)

É possível constatar que agora a capacidade de estoque dos itens no *flow rack* está mais próxima à do estoque dimensionado, sendo considerado um resultado aceitável, dadas as condições da empresa.

As peças com uma alta ocupação foram dispostas diretamente sobre o chão, em fileiras, considerando o seu empilhamento máximo, da mesma maneira que o estoque já era disposto na fábrica.

Ao realizar o trabalho para todas as 77 peças seguindo tal metodologia, a área ocupada pelo estoque foi reduzida em torno de 8,5% da área inicial.

4. Conclusão

O presente trabalho apresenta um problema de dimensionamento de lotes de produção e gerenciamento de estoque de uma empresa que fabrica peças plásticas. No ambiente fabril avaliado há um maior número de referências produzidas (itens de produção) do que de máquinas disponíveis, motivando o uso de estoques para sustentação das demandas dos itens ao longo dos intervalos produtivos, que embora necessários, representam um valor de ativo parado dentro da empresa. Buscando reduzir tal desperdício, observou-se possibilidades de diminuição dos estoques adotados, com os respectivos impactos na área fabril utilizada. A abordagem de solução proposta é pautada em uma série de equações e uma análise de restrições do *layout* fabril para dimensionar o estoque. As principais etapas da abordagem envolvem: dimensionamento dos lotes mínimos de produção, cálculo do tempo de cobertura do estoque, cálculo de cartas *Kanban* de cada produto e dimensionamento de estoque para as particularidades da fábrica. Uma amostra de 18 peças (de um total de 77 produzidas) foi tomada para fins de exemplificação da abordagem de solução. Para replicar o estoque dimensionado de modo otimizado à realidade do *layout* da fábrica, foram utilizados *flow racks* para melhor aproveitamento da área fabril, onde as referências com eficiência de estoque inferior a 80% foram dispostas e trouxeram uma redução de 53% da área ocupada. O trabalho realizado com as 77 diferentes peças proporcionou um ganho de 8,5% de área fabril, evidenciando os ganhos da abordagem de solução proposta para o caso real avaliado.

Referências

- ADNAN, A. N. B. et al. Implementation of just in time production through Kanban system. **Industrial Engineering Letters**, v.3, n.6, p.11-21, 2013.
- LIKER, J. K.; MEIER, D. **O Modelo Toyota: Manual de Aplicação**. Porto Alegre: Editora Bookman, 2007.
- OHNO, T. **O Sistema Toyota de Produção**. Além da produção em longa escala. Porto Alegre: Editora Bookman, 1997.
- PEINADO J.; GRAEML A. R. **Administração da Produção: Operações Industriais e de Serviços**. Curitiba: UnicenP, 2007.
- SAFRONOV, E.; NOSKO, A. A Method to Determine Allowable Speed for a Unit Load in a Pallet Flow Rack. **Acta Mechanica et Automatica**, v.13, n.2, p. 80-85, 2019.
- SHINGO, S. **O Sistema Toyota de Produção**. Do Ponto de Vista da Engenharia de Produção. Porto Alegre: Editora Bookman, 2007.
- SLACK, N.; BRANDON-JONES, A.; JOHNSTON, R. **Administração da produção**. São Paulo: Editora Atlas, 2020.
- UKEI, P.; DESHMUKH, A.; ARORA, A. Implementation of Lean Tools in apparel industry for improving productivity. **Proceedings on Engineering Sciences**, v.3, n.2, p.247-252, 2022.