

CADERNOS DO IME – Série Estatística

Universidade do Estado do Rio de Janeiro - UERJ
ISSN on-line 2317-4535 / ISSN impresso 1413-9022 - v.49, p.1-16, 2020
DOI: 10.12957/cadest.2020.51131

AGREGAÇÃO DO ESTOQUE DE SEGURANÇA: ANÁLISE DE UMA EMPRESA CONSTITUÍDA POR TRÊS INSTALAÇÕES DE COMÉRCIO DE MADEIRA

Renata Amaral Fonseca
Universidade Federal de Juiz de Fora – UFJF
renata.engproducao@gmail.com

Roberto Malheiros Moreira Filho
Universidade Federal de Juiz de Fora – UFJF
roberto.malheiros@engenharia.ufjf.br

Resumo

A decisão de centralizar o estoque pode ser fundamental para o desempenho operacional e financeiro de empresas que possuem diferentes instalações distribuídas geograficamente. Este estudo investigou a vantagem na agregação do estoque de segurança de uma empresa composta por uma matriz e duas filiais. O produto analisado foi a madeira, utilizada principalmente na construção civil. A coleta de dados ocorreu por meio de entrevista e acesso a relatórios. Os históricos de venda foram analisados de maneira a avaliar o comportamento da demanda em cada loja e encontrar a distribuição contínua de probabilidade que melhor se adequa aos dados. A comparação entre o nível do estoque de segurança agregado e a soma dos estoques de segurança individuais sugere que a empresa percebe ganhos significativos ao decidir pela agregação. Apesar de o estudo ter se limitado ao estoque de segurança, entende-se que os ganhos poderiam ser ainda maiores se considerado também o estoque cíclico.

Palavras-chave: Agregação de Estoque, Estoque de Segurança, Análise de Demanda.

1. Introdução

Decisões relacionadas ao gerenciamento de estoque podem impactar de diferentes formas o desempenho de uma empresa. Consideradas decisões “[...] de alto risco e de alto impacto” (BOWERSOX; CLOSS, 2008, p. 223), elas suportam as estratégias competitivas e podem colaborar sobremaneira para a responsividade, eficiência e redução de custos (CHOPRA; MEINDL, 2015). Assim, estratégias de estoque constituem uma das alavancas para a empresa aperfeiçoar seu desempenho financeiro e operacional e, ainda, buscar vantagem competitiva (PORTER, 1989).

A manutenção de estoques possui fatores positivos e negativos e, portanto, os gestores devem ser capazes de encontrar o equilíbrio, visando a melhor relação entre os benefícios e os custos. Por um lado, estoques elevados favorecem, por exemplo, o nível de disponibilidade de produtos acabados, de matéria prima e insumos produtivos. Neste sentido, problemas relacionados a paradas e reprogramações da produção (e.g., pela falta de materiais), insatisfação de clientes e a perda de vendas podem ser mitigados. Porém, esta é uma estratégia mais onerosa. Níveis elevados de estoques podem implicar em altos custos financeiros, grandes esforços de gestão e maior necessidade de capital de giro (BOWERSOX; CLOSS, 2008).

Duas decisões relevantes nesta área se referem ao dimensionamento do Estoque de Segurança (ES) e a estratégias de centralização ou descentralização. No caso de a empresa possuir instalações situadas em diferentes locais, os gestores devem avaliar o quanto mais vantajosa é a estratégia de manter estoques de segurança em cada uma das unidades ou, então, de agregá-los em um único local (CHOPRA; MEINDL, 2015).

Este estudo avaliou, por meio de métodos objetivos, o ganho de uma empresa, composta por uma matriz e duas filiais, ao optar pela agregação do seu estoque de segurança. A empresa é denominada aqui como “Empresa X” e o produto analisado foi a madeira, utilizada principalmente na indústria da construção civil.

O problema associado à agregação do ES possui grande relevância prática pelo seu impacto em resultados financeiros e operacionais das empresas (CHOPRA; MEINDL, 2015). Além de sua justificativa prática, este artigo se baseia no trabalho de conclusão de curso da autora e se propõe a trazer também novas contribuições às análises anteriores. Ele demonstra o desafio de trazer o arcabouço acadêmico para os dados reais, uma vez que as demandas não são caracterizadas, necessariamente, como

distribuições normais independentes e, conseqüentemente, a demanda agregada também não é obrigatoriamente normal.

2. Revisão de literatura

O Estoque de Segurança (ES) é adequado para situações de incerteza sobre as vendas futuras e os prazos de ressurgimento do fornecedor. Constitui uma proteção necessária para que a demanda dos clientes seja atendida durante o ciclo de reposição de estoque (BOWERSOX; CLOSS, 2008). Dessa forma, a quantidade de ES deve ser somada ao volume do estoque regular como proteção a variabilidades oriundas da demanda e da oferta (BALLOU, 2006). Ainda, sua mensuração está pautada em “procedimentos estatísticos que lidam com a natureza aleatória da variabilidade presente” e “depende da extensão da variabilidade e do nível de disponibilidade de estoque proporcionado” (BALLOU, 2006, p. 274).

Os gestores devem se preocupar em avaliar estratégias para reduzir o ES e, ao mesmo tempo, aumentar a disponibilidade do produto. O desafio de projetar menores níveis de ES sem prejudicar o nível de serviço ao cliente pode ser apoiado de algumas maneiras, como: (i) ao reduzir o *lead time* do fornecedor (através, por exemplo, de uma melhor coordenação na cadeia) e (ii) ao reduzir a incerteza da demanda por meio de esforços em inteligência de mercado e métodos de previsão mais acurados (CHOPRA; MEINDL, 2015).

O planejamento do ES envolve, por exemplo, avaliar a possibilidade de ocorrência de falta de estoque, estimar a demanda para os potenciais períodos de falta, e adotar uma política de proteção (BOWERSOX; CLOSS, 2008). Apesar de favorecer maiores custos de manutenção e riscos de obsolescência, ele é importante para garantir a disponibilidade de produtos e mitigar os impactos da volatilidade da demanda (CHOPRA; MEINDL, 2015). Conforme sustentado por Bowersox e Closs (2008, p. 228) “o planejamento de estoque de segurança equivale a um seguro no processo de compras”.

Quando diferentes instalações de uma empresa estão distribuídas em distintas localizações geográficas, o gestor pode avaliar duas estratégias possíveis: manter estoques em cada uma das unidades ou decidir pela agregação do estoque em um único local. Quanto menor o valor do coeficiente de correlação entre as demandas, maior

poderá ser a economia com a estratégia de agregação de estoque (CHOPRA; MEINDL, 2015). Este ganho pode ser encontrado ao se calcular o valor do ES centralizado e subtraí-lo da soma dos ES individuais de cada instalação. Neste caso, quanto menor o ES agregado, melhor. No entanto, algumas das desvantagens da agregação podem ser os aumentos (i) da distância média entre o estoque e o cliente, (ii) do tempo para responder a um pedido e (iii) do custo do transporte ao cliente (CHOPRA; MEINDL, 2015).

Como discutido, o dimensionamento do ES envolve a análise de demanda, a qual pode ser classificada de diferentes formas. Por exemplo, para demandas independentes, não existe previsibilidade antecipada das necessidades dos clientes e, neste caso, as atividades de planejamento e controle destas demandas são inerentes ao planejamento e controle do estoque (SLACK *et al*, 2009). Por outro lado, produtos com demanda dependente são geralmente associados a outros fatores conhecidos, permitindo assim certa previsibilidade (SLACK *et al*, 2009). No entanto, mesmo nesta situação, a incerteza ainda pode se constituir de determinadas parcelas aleatórias. Como um fator de incerteza sempre existe para os ciclos de atividades, o estoque de segurança será necessário para a maioria dos casos de demanda dependente (BOWERSOX; CLOSS, 2008).

Bowersox e Closs (2008) listam algumas hipóteses que mitigam a necessidade de estoque de segurança para padrões de compra MRP (*Material Requirement Planning*) – um sistema de gestão de demandas dependentes que permite coordenar a necessidade de materiais de acordo com o planejamento de produção dos produtos finais (VOLLMAN *et al*, 1997). Uma delas é que os fornecedores sempre atenderão às solicitações de compras, previsíveis e constantes. Além disso, podem ser celebrados contratos de fornecimento que assegurem compras eventuais.

A demanda pode apresentar também determinados padrões de comportamento, o que influencia as decisões de gerenciamento do estoque. O padrão de demanda perpétua possui uma tendência de estabilidade ao longo do tempo. A demanda sazonal apresenta variações repetitivas que podem ser previsíveis. No que se refere à demanda irregular, ela mostra variações repentinas, não tão previsíveis como na demanda sazonal, a partir de parcelas aleatórias. Por fim, a demanda terminal consiste no esgotamento em determinado momento e de forma previsível (nesta situação, os estoques devem se limitar ao que for realmente necessário, a fim de evitar o acúmulo de produtos em

inventário). Nos casos de demanda irregular que são tratados de forma aleatória, percebe-se uma alta variância em relação à média da demanda do produto (BALLOU, 2006).

Outra questão relevante é entender como a demanda reage a rupturas de estoque e qual deve ser o nível de disponibilidade ideal para se trabalhar o gerenciamento. O nível de serviço ao cliente pode ser considerado uma medida de responsividade e deve estar em equilíbrio com as decisões de estoque (CHOPRA; MEINDL, 2015). De acordo com Bowersox e Closs (2008, p. 229) “o gerenciamento de estoque é um fator importante que deve estar integrado do processo logístico para que os objetivos de serviço sejam alcançados”. Ainda, a determinação do nível de serviço ao cliente deve partir da alta administração e refletir os objetivos de desempenho que o estoque deve cumprir no sistema logístico.

O nível de disponibilidade é influenciado tanto pelo custo do estoque excessivo quanto pelo custo da falta do produto e pode ser mensurado de diferentes maneiras. A taxa de atendimento do produto mede o quanto da demanda por um produto é satisfeita pelo estoque. Pode ser definida também como a probabilidade de atendimento da demanda através do estoque. A taxa de atendimento do pedido mede o quanto dos pedidos recebidos pela empresa é atendido (integralmente, com todos os itens) pelo estoque. Ela tende a ser menor que a taxa de atendimento do produto.

Já o Nível de Serviço de Ciclo (NSC) mede o percentual dos ciclos de reposição que atendem integralmente a demanda. Ou seja, reflete a probabilidade de não haver ruptura de estoque em um ciclo de reposição (CHOPRA; MEINDL, 2015). Trabalhar a variabilidade do nível de serviços deve estar na pauta de análises dos gestores (variabilidade esta que pode ser decorrente, muitas vezes, da incerteza) e o quanto dela a se aceitar é uma questão que deve ser muito bem discutida e avaliada (BALLOU, 2006).

3. Metodologia

A fim de avaliar o ganho que poderia ser proporcionado pela agregação do estoque de segurança em um contexto real, a pesquisa foi aplicada a uma empresa composta por três instalações (uma matriz e duas filiais). Este estudo revisitou um trabalho anterior dos autores, trazendo novas contribuições e uma nova perspectiva de análise do problema. Por isso, foi considerada a mesma base de dados utilizada no primeiro estudo. Entende-se que, para a finalidade analítica que este artigo se dispõe, a

data de obtenção dos dados não tenha relevância e, conseqüentemente, não implique em perda metodológica.

A coleta de dados ocorreu por meio de entrevista com um gestor e acesso a documentos. A entrevista semiestruturada se apoiou em um roteiro, visando informações qualitativas e quantitativas relevantes para a análise (e.g. dados sobre os processos de ressuprimento de material, atendimento a demanda, tratativas a vendas perdidas, NSC, entre outros). Os dados históricos de demanda de cada instalação (matriz e filiais) foram obtidos através dos registros disponibilizados pela empresa.

O histórico de demanda de cada loja compreendeu as vendas mensais entre os anos 2012 e 2015, formando uma amostra de 48 observações. A empresa não possuía o hábito de contabilizar as vendas perdidas, implicando, como condição de contorno, que a demanda real fosse correspondente às vendas do período.

A análise dos dados nesta nova perspectiva do estudo também envolveu técnicas estatísticas e procedimentos matemáticos relacionados a gestão de estoque, mas com novas orientações. O histórico de demanda foi utilizado para avaliar o seu padrão comportamental e encontrar a melhor distribuição contínua que se adequava ao histograma dos dados. As análises foram apoiadas pelos *softwares* Minitab 18 e Forecast Pro[®] (v3.0). Foram calculados os estoques de segurança desagregados para cada instalação individual e o estoque de segurança agregado, a fim de verificar quão vantajosa se mostrava a estratégia de agregação para o caso da empresa X.

Os resultados e discussões são apresentados no próximo capítulo. Ainda, são demonstrados os principais pontos de melhoria que foram propostos em relação ao estudo anterior.

4. Resultados e Discussões

4.1. Características gerais da operação e estoque

O caso estudado compreendeu uma empresa composta por três lojas, localizadas em diferentes regiões de uma mesma cidade. O produto analisado foi a madeira, comercializada principalmente no mercado da construção civil.

A partir da entrevista, algumas informações forneceram indicativos da vantagem da centralização do estoque. Por exemplo, foi relatado que, na grande maioria das vezes, o cliente não se importava em ser atendido pelo estoque de uma instalação que fosse diferente daquela onde a compra foi realizada, atendendo assim a uma premissa para a

agregação do estoque (CHOPRA; MEINDL, 2015). No caso de pedidos cujos endereços de entrega estivessem dentro do seu raio de distribuição, o frete era realizado pela própria empresa. Neste caso, não importava onde se localizava o estoque. No entanto, caso o endereço de entrega estivesse fora do raio de distribuição, o cliente era responsável pela coleta do produto, necessariamente na matriz.

Adicionalmente, a matriz funciona como centro de distribuição, mantendo também o estoque cíclico. O cliente é indiferente em ser atendido pelo estoque cíclico ou pelo estoque de segurança. Ressalta-se ainda que, neste estudo, foi considerada apenas a modelagem do ES e, por isso, a economia com a centralização poderia ser ainda maior caso fosse incluído o estoque cíclico nos cálculos.

A respeito do nível de serviço, o gestor informou em entrevista que era razoável considerar uma probabilidade de aproximadamente 90% de atendimento integral da demanda em um ciclo. Ou seja, que 90% dos ciclos de ressuprimento atendiam integralmente a demanda. Neste sentido, os cálculos relacionados ao estoque de segurança consideraram um NSC igual a 0,9. Com base na literatura apresentada anteriormente, o grau de atendimento do produto será maior que o NSC, compreendendo o quanto da demanda, em um ciclo, é realmente atendido pelo estoque disponível.

O tempo de ressuprimento pelo fornecedor é, em média, de 30 dias após colocação do pedido e compreende, principalmente, o tempo de preparação do pedido pelo fornecedor e o tempo de trânsito do transporte. Assim, para este estudo, o prazo de ressuprimento considerado foi de um mês.

4.2. Análise estatística da demanda

As séries temporais da demanda de cada instalação (i.e., matriz e filiais), bem como da demanda total (i.e., soma das demandas das três lojas) são apresentadas na Figura 1. Os dados foram analisados com auxílio do software Forecast Pro[®]. Foi sugerido para a série temporal da demanda total e da demanda da matriz um modelo ARIMA (0,0,0), o que sugere que os dados possuem uma formação de ruído branco e que, conseqüentemente, não há influência do período de tempo nos dados observados (HYNDMAN; ATHANASOPOULOS, 2013).

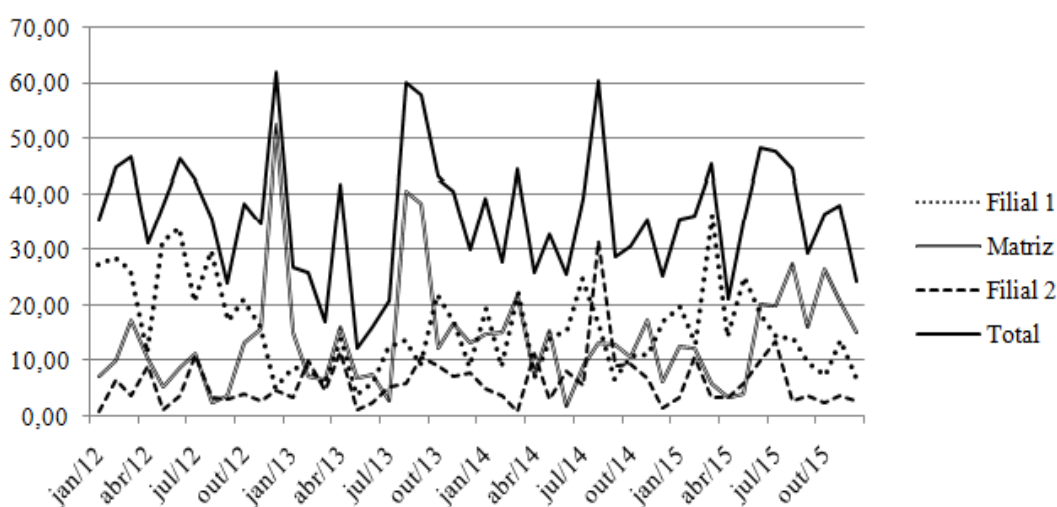
No entanto, as demandas da Filial 1 e Filial 2 apresentam sazonalidade, sem influência no objeto do estudo, sugerindo-se os modelos sem tendência, sazonalidade

aditiva e nível constante (NA_CL) NA-CL (0,0001; 0,2748) e NA-CL (0,0001; 0,2012), respectivamente. É importante notar que os modelos apresentados, com componentes de nível baixas (ambas 0,0001) e de sazonalidades (0,2748 e 0,2012), não apresentam tendências ao longo do tempo (HYNDMAN; ATHANASOPOULOS, 2013).

Sendo assim, os dados atendem ao proposto do artigo, uma vez que a sazonalidade percebida não é objeto de estudo, pois, gerencialmente, não afeta a operação da organização em nenhuma das instalações.

As demandas das unidades foram tratadas individualmente e a demanda total, avaliada posteriormente, foi definida como a soma das demandas das três lojas. O tempo, que seria um fator preponderante de influência na análise, não afeta nenhuma instalação e nem a demanda total, sugerindo que o produto estivesse na sua fase de maturidade de ciclo de vida (KOTLER; KELLER, 2006), caracterizada por um período estacionário da demanda ao longo do tempo.

Figura 1: Demanda mensal da demanda por madeira (m³)



Fonte: Autores

A partir da amostra de 48 observações relativas à demanda mensal de cada instalação, utilizou-se o Minitab 18 para encontrar a melhor distribuição contínua que se adequava aos histogramas dos dados. Para isso, o teste de Anderson-Darling mede quão bem os dados amostrais se ajustam a uma distribuição específica, considerando as seguintes hipóteses:

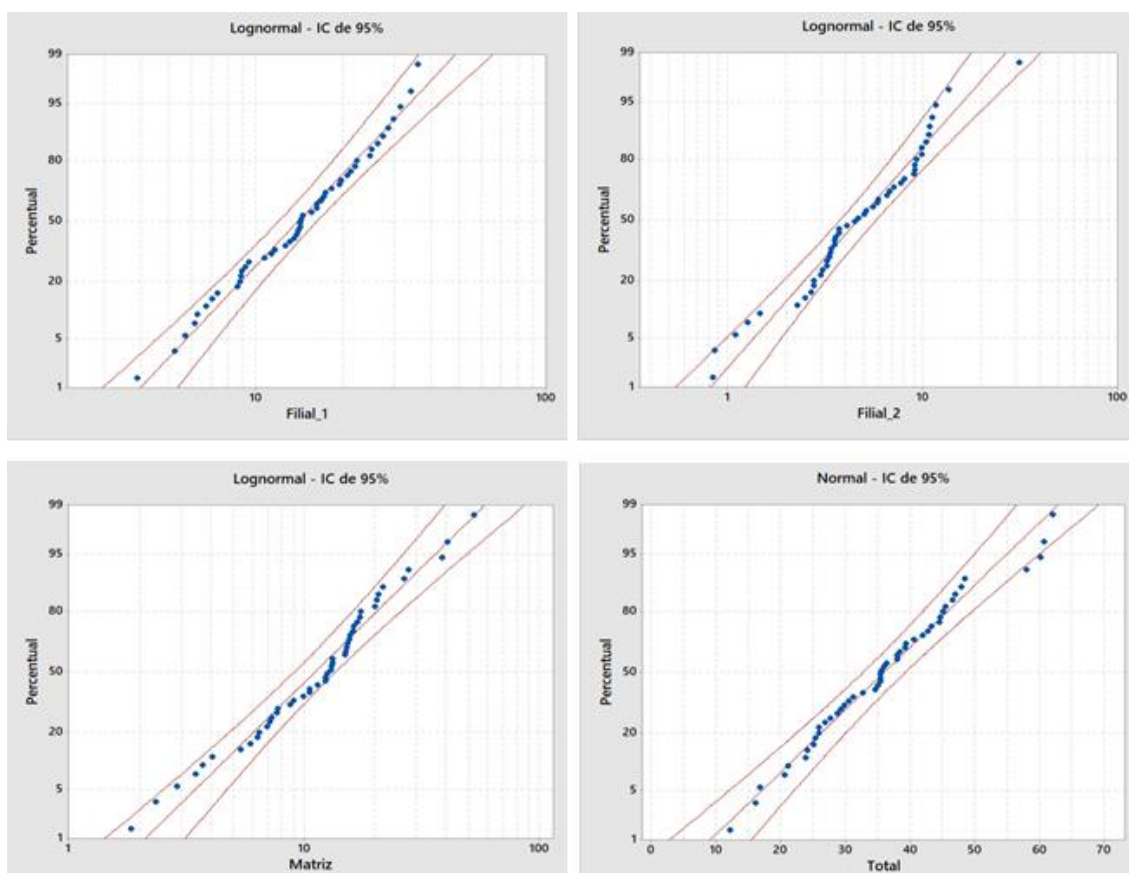
- Hipótese nula (H_0): os dados seguem uma determinada distribuição.

- Hipótese alternativa (H1): os dados não seguem uma determinada distribuição.

O teste de hipóteses considera o valor p correspondente, indicando se os dados se ajustam à distribuição. Para não rejeitar a hipótese nula (i.e., para que se possa utilizar a distribuição sugerida), o p-valor resultante deve ser o maior possível. Por outro lado, a hipótese nula é rejeitada se o valor de α é maior que o p-valor.

Segundo Martinez-Espinosa, Calil Jr e Lahr (2004), o teste de Anderson-Darling é um teste que avalia se uma determinada distribuição se ajusta aos dados. É um teste alternativo ao teste Chi quadrado, por exemplo. O teste de Anderson-Darling considera a forma da distribuição da população em lugar dos parâmetros sendo, portanto, um teste não-paramétrico. Razali e Wah (2011) afirmam que o teste tem a vantagem de dar mais peso aos pontos da cauda da distribuição. Os autores demonstraram, ainda, um bom poder do teste para distribuições simétricas e assimétricas.

Figura 2: Gráficos de probabilidade para a demanda (m³) de cada instalação



Fonte: Autores (imagens geradas pelo Minitab)

A Figura 2, acima, mostra os gráficos de probabilidade gerados pelo Minitab 18 para as demandas de cada loja e para a total. A distribuição sugerida que melhor se ajusta aos dados da demanda total é a distribuição normal, com uma média mensal de 36,01 metros cúbicos e desvio padrão no valor de 11,56 metros cúbicos. O teste de qualidade do ajuste apresentou um p-valor igual a 0,608, sugerindo que a aproximação da demanda total pela distribuição contínua normal é adequada a um nível de confiança de 95%.

Por outro lado, os resultados mostram que as demandas das três lojas se ajustam satisfatoriamente a uma distribuição lognormal. Os testes também apresentaram valores p correspondentes superiores a 0,05, sugerindo que a distribuição lognormal seja adequada a um nível de confiança de 95%. Os parâmetros da lognormal de cada unidade são mostrados na Tabela 1.

Tabela 1. Parâmetros, p-valor e média da distribuição lognormal para cada instalação

Instalação	Parâmetro de Localização	Parâmetro de Escala	p-valor	Valor Esperado da Distribuição exp (localização + 0,5 x escala ²)
Matriz	2,40742	0,71489	0,138	14,33858
Filial 1	2,63538	0,53946	0,659	16,13335
Filial 2	1,54343	0,75123	0,153	6,20654

Fonte: Autores

Adicionalmente, a análise descritiva dos dados encontrou os coeficientes de correlação entre cada loja (vide Tabela 2). Observa-se uma baixa correlação entre as demandas da Matriz e da Filial 2 (0,05), bem como entre a Filial 1 e a Filial 2 (-0,13). Por outro lado, ainda que baixa, o resultado mostra uma maior correlação entre a Matriz e a Filial 1 (-0,31), comparando-se às demais.

Tabela 2 - Matriz de correlação das demandas

	Matriz	Filial 1	Filial 2	Total
Matriz	1,00			
Filial 1	- 0,31	1,00		
Filial 2	0,05	- 0,13	1,00	
Total	0,66	0,37	0,38	1,00

Fonte: Autores

As baixas correlações podem sugerir inicialmente que o estoque de segurança centralizado fosse menor que as somas individuais de cada loja (o que foi objeto de estudo deste artigo). Apesar das correlações negativas sugerirem certa concorrência

entre as lojas, as três juntas figuram como sendo apenas uma unidade para a empresa. De maneira geral, a demanda total da empresa X parece receber maior influência da matriz, o que é sugerido pelo coeficiente de correlação de 0,66 evidenciado na Tabela 2.

4.3. Análise da agregação do estoque de segurança

Nesta seção, foi avaliado o quanto que a decisão pela centralização do estoque de segurança foi mais vantajosa frente à opção de descentralização. Para isso, foi calculado o ES de cada loja individualmente e também o ES da demanda total de forma agregada.

A economia gerada pela agregação será tanto maior quanto menor for o estoque de segurança agregado em relação à soma dos estoques de segurança individuais:

$$ES_T < (ES_1 + ES_2 + ES_M) \quad (1)$$

onde:

ES_1 = Estoque de Segurança da Filial 1

ES_2 = Estoque de Segurança da Filial 2

ES_M = Estoque de Segurança da Matriz

ES_T = Estoque de Segurança da demanda total

De acordo com Bowersox e Closs (2008), a definição da política de ES depende da política de reposição de estoque adotada pela empresa. Ao optar pela reposição contínua, a demanda deve ter um tratamento probabilístico após atingir o ponto de reposição, no lead time de ressuprimento.

Uma contribuição importante deste artigo para o estudo original versa sobre a maneira de cálculo do ES. No caso real da empresa X, as demandas individuais de cada uma das três lojas não apresentaram uma distribuição de probabilidade normal. Como apresentado anteriormente, a lognormal é a distribuição contínua que melhor se adequou aos dados amostrais. Assim, entende-se que não seja adequado, nestes casos específicos, o cálculo do ES através do modelo matemático sugerido por Chopra e Meindl (2015) para uma distribuição normal. Isso demonstra a importância de conciliar o contexto real com a teoria e, nestes casos, estabelecer diferentes tratativas analíticas quando

necessário. No entanto, a condição de normalidade pode ser considerada para a demanda total.

Assim, neste artigo o ES foi calculado subtraindo-se a demanda média no lead time de ressurgimento do ponto de reposição (CHOPRA; MEINDL, 2015), método este que permite considerar a condição de não normalidade da demanda das lojas. Ou seja:

$$ES = PR - D_{lt} \quad (2)$$

onde:

PR = Ponto de reposição

D_{lt} = Demanda no lead time de ressurgimento

O ponto de reposição (PR) se refere ao valor de x tal que $P(X \leq x) = NSC$, ou seja, $P(X \leq x) = 0,9$. A Tabela 3 mostra o ponto de reposição para cada loja e também para a demanda total.

Tabela 3 – Ponto de reposição (x) e demanda média no lead time de ressurgimento (m^3)

	$P(X \leq x)$	$x = PR (m^3)$	Média mensal (m^3)
Filial 1	0,9	27,86	16,13
Filial 2	0,9	12,26	6,21
Matriz	0,9	27,76	14,34
Demanda total	0,9	50,82	36,01

Fonte: Autores

Com base nos dados da Tabela 3, os estoques de segurança agregado e desagregados foram obtidos e os valores respeitam a equação (2) do trabalho:

- $ES_1 = 27,86 - 16,13 = 11,73 m^3$
- $ES_2 = 12,26 - 6,21 = 6,05 m^3$
- $ES_M = 27,76 - 14,34 = 13,42 m^3$
- $ES_T = 50,82 - 36,01 = 14,81 m^3$

Substituindo os valores acima na equação (1), foi possível dimensionar a vantagem na centralização, uma vez que:

$$ES_T < (ES_1 + ES_2 + ES_M)$$

onde:

$$(ES_1 + ES_2 + ES_M) = 31,20 m^3$$

$$ES_T = 14,81 m^3$$

Assim, observa-se que o nível do estoque de segurança agregado (14,81 m³) é significativamente inferior à soma dos estoques individuais (31,20 m³), sugerindo uma economia, em termos de quantidade, de 16,39 m³, ou seja de aproximadamente 50%. Caso a distribuição normal fosse aceita como base para todas as distribuições, o ganho com a agregação seria decrescido de 1,7 m³, o que demonstra a importância de estabelecer o teste da distribuição e utilização daquela que seja a mais adequada ao caso real.

Na entrevista, o gestor informou que a empresa X, intuitivamente, já optava por centralizar seu estoque na matriz. Neste sentido, os resultados obtidos neste artigo, assim como no estudo anterior, demonstram que, mesmo de forma subjetiva e intuitiva, os dirigentes seguiram a decisão adequada, na época, de centralizar todo o seu estoque de segurança.

Com a agregação de estoque e atendimento de toda a demanda através de uma unidade, independente de onde é colocado o pedido, é possível reduzir o risco associado a variações em cada loja individualmente, conforme sugerido por Chora e Meindl (2015).

A economia gerada pela agregação também pode ser vista por uma perspectiva financeira, tomando como referência a equação (3), adaptada de Chopra e Meindl (2015). Para isso, um parâmetro importante a ser considerado é o custo de estocagem anual por unidade.

$$\frac{[(ES_1 + ES_2 + ES_M) - ES_T] \times hCm}{D_{anual}} \quad (3)$$

onde:

D_{anual} = Demanda anual agregada;

hCm = Custo para manter 1 m³ estocado durante todo o ano.

O elemento “ hCm ” contempla o custo do material (Cm) e a fração deste custo que é gasta pela empresa para estocar uma unidade do produto o ano inteiro (h), como sugerido por Chopra e Meindl (2015). O elemento “ h ” é encontrado ao se dividir o custo anual do almoxarifado pelo custo do estoque médio.

$$h = \text{custo anual do almoxarifado} / \text{custo do estoque médio} \quad (4)$$

O valor de h , respeitando a equação acima e consultando informações da empresa, foi de 1,01. Buscando-se estimar um valor relevante, além de considerar os custos relativos à área de estocagem da madeira (e.g., impostos, mão de obra, seguro), o seu cálculo também refletiu o custo do capital atribuído à manutenção do estoque.

Dessa forma, a vantagem da centralização do ES resultava, na época, de uma economia de quase R\$29,00 por metro cúbico vendido de madeira. Como comentado anteriormente, a análise se pautou no ganho relativo ao estoque de segurança, podendo ter proporções ainda maiores se tivesse sido considerada também a agregação do estoque cíclico. No entanto, tratando do estoque cíclico, uma análise a respeito do tempo de entrega do produto ao cliente deve ser realizado, pois as entregas partiriam, sem exceção, do estoque central.

5. Conclusão

Este estudo avaliou de maneira objetiva e analítica como a empresa X se beneficiava ao adotar a estratégia de agregação do estoque de segurança do seu produto em uma única loja. Para isso, foram analisados alguns dados históricos de demanda mensal, compondo uma amostra de 48 meses para cada uma das três lojas.

A análise estatística sugeriu a distribuição normal como a melhor distribuição contínua que se ajusta aos dados da demanda total (i.e., soma das demandas de cada loja). No entanto, individualmente, as demandas da matriz e das duas filiais melhor se aproximaram da distribuição lognormal.

A análise da vantagem de agregação do estoque de segurança se baseou na comparação entre o nível de ES agregado e a soma dos ES individuais de cada loja. O nível de ES adequado para cada instalação apontou para os seguintes valores: 13,42 m³ para a Matriz; 11,73 m³ para a Filial 1 e; 6,05 m³ para a Filial 2. O estoque de segurança agregado resultou em 14,81 m³. Nota-se, então, que a decisão pela estratégia de agregação permitia uma redução de mais de 50% no tamanho do ES. Cabe ressaltar ainda que benefícios ainda maiores poderiam ser encontrados se os cálculos considerassem também a agregação do estoque cíclico.

Referências

BALLOU, R. H. **Gerenciamento da cadeia de suprimentos/logística empresarial**. 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2006.

BOWERSOX, D. J.; CLOSS, D. J. **Logística empresarial: o processo de integração da cadeia de suprimento**. 1 ed. São Paulo: Atlas, 2008.

CHOPRA, S.; MEINDL, P. **Gestão da cadeia de suprimentos: estratégia planejamento e operações**. 6. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2016.

HYNDMAN, R.; ATHANASOPOULOS, G. **Forecasting: principles and practice**, 2013. Disponível em: <<http://otexts.org/fpp/>>. Acesso em 23 jun. 2021.

KOTLER, P.; KELLER, K. **Administração de Marketing**. 12 edição. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2006.

MARTINEZ-ESPINOSA, M.; CALIL JUNIOR, C.; LAHR, F. A. R. Métodos paramétricos e não - paramétricos para determinar o valor característico em ensaios de madeira. **Scientia Florestalis**. n 66, p. 76-83, 2004.

PORTER, M. E. **Vantagem Competitiva**. Rio de Janeiro: Campus, 1989.

RAZALI, N. M.; WAH, Y. B. Power Comparisions of Shapiuro-Wilk, Kolmogorov-Smirnov, Lilliefors and Anderson-Darling tests. **Journal of Statistical Modeling and Analytics**. v. 2 , n 3, p. 21-33, 2011.

SLACK, N.; CHAMBERS, S. JOHNSTON, R. **Administração da Produção**. Tradução de Maria Teresa Corrêa de Oliveira. 3. ed. São Paulo: Atlas, 2009.

VOLLMAN, T. E.; BERRY, W.L.; WHYBARK, D.C. **Manufacturing Planning and Control Systems**. 4 ed. McGraw-Hill, 1997.

SAFETY STOCK AGGREGATION: ANALYSIS OF A COMPANY CONSTITUTED OF THREE WOODEN TRADE FACILITIES

Abstract

Decisions on inventory aggregate might be critical for the operational and financial performance of companies with different facilities geographically distributed. This study investigated the benefit of aggregating the safety stock of a company composed of three stores. The product analysed was wood parts, mainly used in the civil construction industry. Data collection was based on interview and access to reports. Sales histories allowed the assessment of the demand behaviour of each store and find the continuous probability distribution that best fits the sample data. The comparison between aggregate safety stock level and the sum of individual safety stocks suggests that the company perceives significant gains when deciding on aggregation. Although the study was limited to the safety stock, it is understood that the gains may be even greater if the cyclical stock is also considered..

Key-words: *Stock Aggregation, Safety Stock, Demand Analysis.*