

## SELEÇÃO DE POLÍTICA DE REPOSIÇÃO DE ESTOQUES POR TEORIA DA DECISÃO

**Bruno Furtado Alves Silva**  
brunofurtado1@gmail.com

**Rodrigo Ferreira Soares**  
rodrigo7f7s@hotmail.com

**Saulo Magalhães Patrício**  
saulo.mpatricio@yahoo.com.br

**Leonardo de Andrade Melo**  
leo.melo31@gmail.com

**Luciano Nadler Lins**  
lucianolins@ufpe.br

Universidade Federal de Pernambuco, Departamento de Engenharia de Produção  
Av. da Arquitetura s/n, Bloco Escolar do CTG, 5º andar, Cidade Universitária, Recife, PE

### RESUMO

A gestão de estoques tem papel fundamental na cadeia produtiva de uma empresa, pois ela exerce influência na responsividade do nível de serviço ao cliente. Portanto, é imprescindível a tomada de decisões adequadas relativas à quando, quanto e como repor os itens consumidos do estoque, dado o caráter competitivo proporcionado pela gestão eficiente de estoques à organização. Este artigo apresenta um estudo para a seleção do melhor modelo de gestão de estoques, tendo como alternativas a utilização dos métodos clássicos de revisão contínua ou de reposição periódica. Inicialmente foram construídos modelos de Teoria da Decisão para determinar o melhor ajuste operacional a cada um dos métodos que permitisse minimizar as perdas esperadas. Em seguida, as soluções provenientes de cada método foram contrastadas de modo a ressaltar em que situações eles se mostravam mais apropriados.

**PALAVRAS CHAVE.** Gestão de Estoques, Política de Reposição, Teoria da Decisão.

**Área principal.** AD&GP.

### ABSTRACT

Inventory management has a critical role in the production chain of a company because it affects the responsiveness of the service level. Therefore, it is essential to make appropriate decisions about when, how much and how to restore demanded items of some inventory system, given the competitiveness provided to the organization by an efficient inventory management. This article presents a study about selecting the optimal inventory management model, when the alternatives are the traditional methods of continuous review or periodic replacement police. Initially, Decision Theory models were built to set the best operational adjustment to each method such that expected losses were minimized. Then solutions from both methods were compared so as to highlight in which cases they were more appropriate.

**KEYWORDS.** Inventory Management, Replacement Police, Decision Theory.

**Main area.** AD&GP.

## 1. Introdução

Um problema de decisão que os gerentes de produção frequentemente se deparam diz respeito aos estoques de material. De acordo com Côrrea e Côrrea (2005), os estoques representam grandes preocupações para os gestores financeiros, comerciais, fabris, entre outros, ou seja, para todos aqueles ligados à cadeia de suprimentos de forma geral. Porém, esses gestores têm uma atitude ambivalente em relação aos estoques, pois existem vantagens e desvantagens associadas a estes (SLACK et al., 2007). Por um lado, manter itens em estoque envolve custos de manutenção, empata parte do capital da empresa, ocupa grandes espaços e traz riscos associados à deterioração do material armazenado, vencimento dos prazos de validade, extravios, entre vários outros. Entretanto, estoques proporcionam alguma segurança em situações onde há incerteza relacionada à quantidade que se deve produzir, reduzindo o risco de não atender à demanda devido à indisponibilidade de produtos e perder oportunidades de negócios. Ou seja, apesar dos riscos e custos decorrentes da criação de estoques, eles podem ser benéficos para a empresa por acomodar variações de demanda que não podem ser completamente previstas; ele existirá em grande parte, portanto, porque se observa diferenças entre o fornecimento e a demanda (SLACK et al., 2007; CORRÊA & CORRÊA, 2005).

Como ressaltam Rosa et al. (2010), a necessidade da formação de estoques e a sua importância financeira e estratégica incentivam o surgimento de técnicas que buscam uma melhor gestão de estoques. Com exemplo, vários trabalhos desenvolvidos no sentido de otimizar a organização dos estoques em situações específicas, tais como os de Biazzini (1994), Santos e Rodrigues (2006) e Saab Jr e Corrêa (2008), também reforçam a importância de um bom desempenho da estrutura voltada à armazenagem de material,

Então, uma questão primordial consiste em estabelecer qual modelo de gestão de estoques deverá ser adotado. Rosa et al. (2010) comparam alguns dos métodos clássicos de gestão de estoques, considerando tanto os de natureza essencialmente determinística, como a conhecida fórmula do lote econômico de compras (LEC), como outros de natureza probabilística. Santoro e Freire (2008) também realizam uma ampla análise de modelo de estoques ditos reativos, pois dispensam uma previsão da demanda pelos itens de estoque, e ativos, com a referida previsão.

A proposta do presente trabalho consiste na divisão do problema de decisão em dois estágios. No primeiro, o objetivo seria determinar o nível ótimo de estoque para cada um dos modelos de gestão analisados, seja pela minimização dos custos operacionais ou para garantir que a demanda seja atendida plenamente, sem excessos ou desperdícios. O segundo refere-se a escolha de qual modelo de gestão adotar para um dado sistema de armazenagem.

Portanto, tendo em vista a influência da decisão sobre o modelo mais adequado para a organização inteira, o presente artigo realiza uma análise, envolvendo especificamente as políticas de revisão periódica e revisão contínua para um estoque de um único tipo de material, com o propósito de mostrar como os métodos da Teoria da Decisão podem ser empregados na escolha do modelo mais adequado de gestão de estoques.

## 2. Modelos de Gestão de Estoques

Dois dos métodos bastante difundidos de gestão de estoques são o de revisão contínua (RC) e o de reposição periódica (RP). Cada um tem suas vantagens e desvantagens sobre o outro, e a escolha de qual seria o mais adequado depende das características do contexto em que eles serão aplicados, tais como tipo de mercadorias movimentada, preferências do gestor, disponibilidade de recursos etc.

De acordo com Corrêa e Dias (1998), os modelos RP tendem a ter um estoque médio mais alto, pois eles precisam proteger das variações na demanda durante a fase de utilização até a reposição após o lead time. Por outro lado, os modelos RC só precisam se preocupar em proteger contra variações no lead time. A utilização de um ponto de ressuprimento exige mais recursos e esforço para sua gestão, devido ao constante monitoramento, e por isso são mais indicados para aqueles itens mais caros, importantes, ou com altos custos de ruptura.

O modelo RC tem duas características básicas:

- a) o estoque do item é monitorado constantemente ou após cada operação realizada no estoque. Quando o estoque atinge determinado nível, chamando de “ponto de ressuprimento”, emite-se um novo pedido;
- b) a quantidade a comprar (ou fabricar) é sempre constante, geralmente denominada por lote econômico.

O fornecedor do material leva certo tempo, denominado de tempo de ressuprimento ou lead time, para entregar a quantidade solicitada após a colocação do pedido. Assim, o método de revisão contínua tem a função de garantir o consumo da mercadoria durante esse intervalo em que se aguarda pela chegada do novo carregamento.

Quando tanto a taxa de consumo da mercadoria quanto o tempo de ressuprimento são perfeitamente previsíveis o problema é de fácil resolução. Contudo, tal situação não costuma ser verificada na prática, e atribui-se uma incerteza a pelo menos um desses parâmetros. Logo, é preciso fazer o pedido um pouco antes do que seria em uma situação puramente determinística, elevando assim o ponto de ressuprimento. A principal consideração no estabelecimento do estoque não é tanto o nível médio de estoque quando o pedido de reabastecimento chega, mas que o estoque não vai faltar antes de chegar o pedido. Considerando que o lead time é regular e conhecido, a dificuldade da resolução do problema (qual nível de estoque que disparará um novo pedido) estará relacionada à incerteza sobre a taxa de consumo do estoque.

Uma forma alternativa ao método de revisão contínua do estoque trata-se do modelo de reposição periódica. Nele, a monitoração da quantidade restante de estoque passa a ser feita em intervalos fixos e regulares de tempo, sacrificando o uso, porém, de uma quantidade de pedido fixa. Assim, ao final de cada período predeterminado, o nível de estoque é checado e faz-se o pedido da quantidade necessária para elevá-lo até um nível de referência, que é uma quantidade prefixada, correspondendo ao valor máximo possível de estoque do item.

O modelo de revisão periódica tem as seguintes características básicas:

- a) a quantidade de estoque restante é verificada a intervalos fixos. A quantidade encomendada vai ser tal que o estoque seja elevado ao nível de referência;
- b) o nível de referência é estabelecido na tentativa de cobrir a demanda até a próxima revisão mais o tempo de espera do novo pedido (tempo entre reposições);
- c) a quantidade a ser encomendada é variável e dependerá do quanto é necessário para alcançar o nível de referência.

Além de fixar o período entre encomendas, é fundamental encontrar um nível de referência ideal para minimizar os riscos de falta de estoque (nível de referência muito baixo) ou de excesso de estoque (nível de referência muito alto), que implicam em altos custos. Novamente, tanto a demanda como o lead time são incertos. Por conseguinte, é preciso, também, analisar as distribuições de probabilidade associadas à demanda e ao tempo entre pedidos. Considerando que o tempo entre reposições é regular e conhecido, a dificuldade da resolução do problema (qual nível de estoque que disparará um novo pedido) estará relacionada à incerteza sobre a taxa de consumo do estoque.

A figura 1 representa as duas situações possíveis para o nível do estoque durante um dado período, válido tanto para o modelo RC como para o RP. Os parâmetros são explicados na tabela 1. Tem-se ainda como relação que  $q - r = k(t - s)$ .

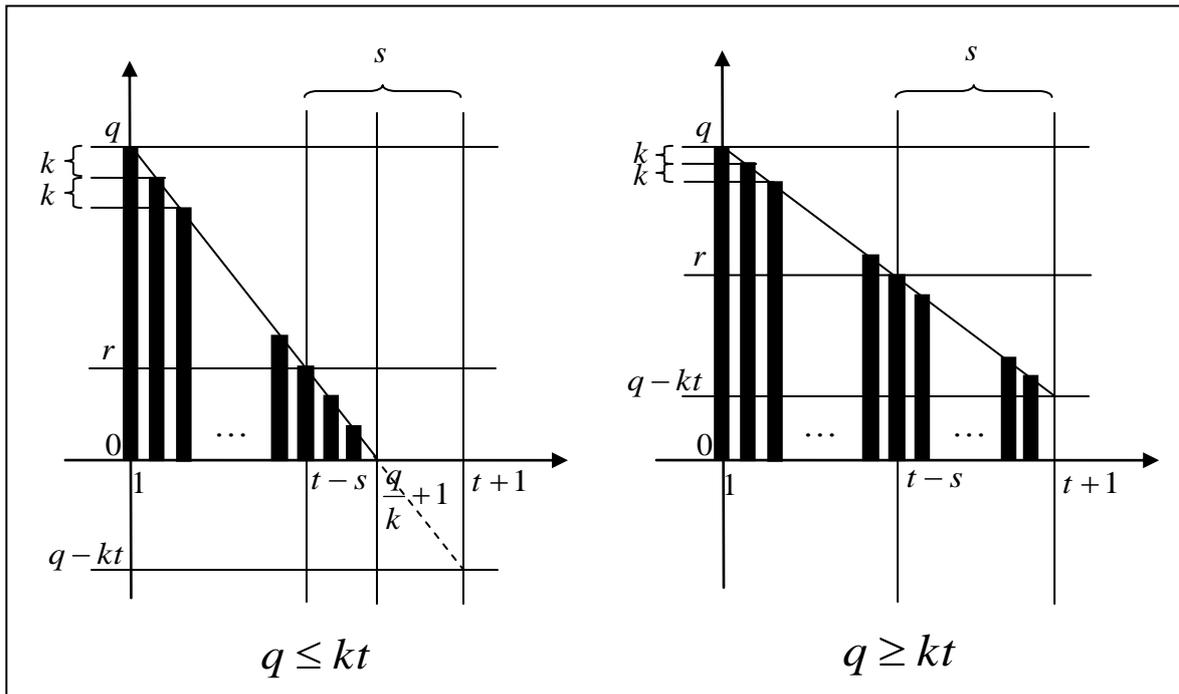


Figura 1 – Esquema gráfico das políticas RC e RP para situações de subdimensionamento ( $q \leq kt$ ) e superdimensionamento ( $q \geq kt$ ) do estoque

Tabela 1 – Parâmetros básicos utilizados

Índice	Descrição	Faixa de Valores
$k$	Taxa de consumo dos itens em estoque	$k \in \{1, 2, \dots\}$
$q$	Capacidade do estoque	$q \in \{0, 1, 2, \dots\}$
$r$	Ponto de ressuprimento	$r \in \{0, 1, \dots, q\}$
$t$	Tempo entre pedidos	$t \in \{1, 2, \dots\}$
$s$	Tempo de ressuprimento	$s \in \{0, 1, \dots, t\}$

### 3. Caracterização do Problema

Como forma de ilustrar a aplicação do modelo, analisa-se o exemplo de uma empresa especializada na fabricação de um produto único de elevado padrão de qualidade. Portanto, o fornecimento de produtos aos clientes atendidos pela fábrica se dá por lotes unitários, e costuma ser produzido sob encomenda. Mesmo assim, o conjunto de clientes pode solicitar a produção de mais de um item em cada período, embora devendo representar um fluxo regular de pedidos ao longo do tempo.

Dado que o público alvo das empresas são clientes de alto poder aquisitivo, tendo como indicador de desempenho a alta qualidade requerida pelo padrão dos produtos demandados, estabelece-se a relevância deste objetivo de desempenho, que funciona como canal de comunicação direta com o cliente, a qualidade. Um fornecimento de má qualidade de conformação com o projeto estabelecido pelo cliente é capaz de inferir em um nível de insatisfação considerável deste para com a empresa. Portanto, é necessária a análise sistêmica do processo produtivo de modo geral – visão das sínteses necessária quando é observada a totalidade do sistema – bem como a observância das inter-relações entre fornecedor e cliente, ciente de quão estreita ela deve ser e segundo uma percepção holística, das consequências que uma má política de gestão pode acarretar.

Para a fabricação de seu único produto, a empresa teria como matéria-prima, entre outros componentes de menor relevância, um único item principal, recebendo-os de um fornecedor igualmente exclusivo. Tal item, por constituir o elemento central do produto fabricado, que basicamente o discrimina e o caracteriza, é responsável por boa parcela de seu valor agregado. Devido à importância que este item teria na produção como um todo, a fábrica deve procurar manter níveis adequados de estoque desse item. Contudo, admite-se que esses estoques geram altos custos, prejudicando substancialmente a margem de lucro da empresa. Para solucionar esse problema, a empresa necessitaria então fazer um estudo mais aprofundado sobre políticas de manutenção de estoques para definir um modelo que resultasse em custos menores de armazenagem. Com esse intuito, o gerente da fábrica tem como missão identificar a melhor política de gestão do estoque de modo a minimizar o custo total.

As perdas estão assim associadas aos custos decorrentes da operação do estoque, podendo ser idênticas as seguintes componentes principais:

- Custo do pedido para reposição do estoque ( $C_p$ ): corresponde ao custo de se encomendar e realizar a entrega pelo fornecedor de uma unidade de material;
- Custo da manutenção de material em estoque ( $C_e$ ): corresponde ao custo de se manter cada unidade de material em estoque durante uma unidade de tempo;
- Custo da ruptura do fornecimento ( $C_q$ ): corresponde aos custos decorrentes de não atender a uma demanda por uma unidade do material devido a falta de itens em estoque;
- Custo do descarte de material ( $C_d$ ): o parâmetro corresponde ao custo de se desfazer de uma unidade de material não utilizada (excedente ou vencida).

Assume-se, além disso, que a empresa verificou uma correlação entre a demanda pelo material estocado e a satisfação do cliente, de modo que foi encomendada uma pesquisa de mercado com o objetivo de apurar o grau de satisfação dos clientes quanto ao produto. Isto exigiu a adição de alguns elementos complementares, mas teve como principal finalidade aprimorar o grau de conhecimento sobre a principal incerteza, a demanda pelos produtos.

Como forma de viabilizar uma análise numérica, lançou-se mão também de alguns novos pressupostos. O modelo de reposição periódica foi desenvolvido considerando um horizonte de tempo de  $t = 12$  meses, compreendido entre a chegada no estoque dos itens adquiridos em dois pedidos consecutivos. Já o modelo de revisão contínua possui um estoque com capacidade fixa em  $q = 100$  itens. Neste último caso, após a colocação do pedido, no momento em que o estoque atingir o ponto de ressuprimento, o recebimento do carregamento chegará após transcorrido um tempo constante de ressuprimento de  $s = 1$  mês.

Também admite-se que no início de cada período o estoque está operando em sua capacidade máxima. Isto significa que o número de itens pedidos será sempre dado de acordo com a capacidade do estoque estabelecida. Para isso, no momento exato da reposição do estoque, os itens remanescentes de períodos anteriores serão imediatamente descartados ou clientes não atendidos sempre irão se dirigir a uma empresa concorrente para aquisição do produto desejado, evitando a geração de demandas reprimidas para períodos seguintes.

Em geral, também deve ser mantida uma quantidade de estoque de segurança proporcional ao nível de incerteza do problema. Entretanto, embora pudesse ser admitida uma quantidade de itens como estoque de segurança, evitando assim a quebra de fornecimento, a existência de estoques de segurança será desprezada no presente trabalho.

#### 4. Modelo de Reposição Periódica do Estoque

Considera-se que se pretende otimizar a operação do estoque segundo o modelo de reposição periódica, em que se deseja determinar o número de itens a pedir para reposição do estoque quando ele está sujeito a incertezas quanto à demanda pelos itens armazenados. Os componentes básicos do modelo de Teoria da Decisão, referentes às variáveis aleatórias e de decisão, são:

- Alternativas de ação  $\{a\}$ : consiste na determinação da quantidade pedida para a reposição do

estoque ( $q$ ) de modo a atender a demanda do próximo período. No presente modelo,  $a \in \{0, 1, \dots\}$ ;

- Estados da natureza  $\{\theta\}$ : taxa de demanda referente à quantidade de itens requisitados ( $k$ ) por unidade de tempo. Esta taxa, entretanto, permanece fixa para todo o período. No presente modelo,  $\theta \in \{1, 2, \dots\}$ ;
- Espaço das observações  $\{x\}$ : número de clientes que se disseram satisfeitos durante a pesquisa de satisfação. No presente modelo,  $x \in \{0, 1, \dots, 10\}$ .

As funções básicas adotadas, que representam as relações, determinísticas ou probabilísticas, entre as variáveis do modelo de Teoria da Decisão são:

- Perda  $\{L(\theta, a)\}$ : custo associado ao superdimensionamento ou subdimensionamento da capacidade de estoque em relação à taxa de consumo do estoque. No presente modelo:

$$L(\theta, a) = L_t(k, q) = \begin{cases} C_p q + C_e \left[ \sum_{i=1}^{\lfloor q/k \rfloor} ki \right] + C_q (kt - q), & \text{se } q \leq kt, \\ C_p q + C_e \left[ \sum_{i=0}^t (ki + q - kt) \right] + C_d (q - kt), & \text{se } q \geq kt, \end{cases}$$

onde  $C_p = \$50$  é o custo unitário do pedido de reposição,  $C_e = \$10$  é o custo unitário de manutenção em estoque,  $C_q = \$150$  é o custo unitário de ruptura, e  $C_d = \$500$  é o custo unitário do descarte de material. Desenvolvendo a equação:

$$L(\theta, a) = L_t(k, q) = \begin{cases} C_p q + C_e \left[ \frac{q(q+k)}{2k} \right] + C_q (kt - q), & \text{se } q \leq kt, \\ C_p q + C_e \left[ (t+1) \left( q - \frac{kt}{2} \right) \right] + C_d (q - kt), & \text{se } q \geq kt, \end{cases}$$

Para um dado valor de  $k$ , a solução ótima sempre será  $q^* \leq kt$ , pois se  $q^* \geq kt$  a função perda  $L_t(k, q)$  será monotônica crescente em  $q$ , forçando com que  $q^* = kt$ ;

- Função de verossimilhança  $\{P(x|\theta)\}$ : representa o canal de comunicação com a natureza, Como o produto da empresa é adquirido pelos clientes de forma unitária, pode-se facilmente fazer a relação entre satisfação e demanda esperada. Ou seja, quanto maior o número de pessoas satisfeitas, supõe-se que maior será a quantidade demandada. No presente modelo, adequou-se uma distribuição binomial com parâmetros  $(n, p) = (10, \theta/(\theta+1))$ , onde  $n$  representa o número de clientes pesquisados e  $p$ , a probabilidade de um dado cliente da empresa estar satisfeito. Ou seja:

$$P(x|\theta) = P_n(x|k) = \binom{n}{x} \left( \frac{k}{k+1} \right)^x \left( \frac{1}{k+1} \right)^{n-x}$$

- Distribuição a priori  $\{\pi(\theta)\}$ : Através do histórico de demanda mensal da empresa, torna-se possível estimar a taxa de decaimento do nível de estoque médio, ou seja, a velocidade com que os itens são consumidos. Em vista disso, considerou-se uma estimativa para a taxa de consumo média, pois a incerteza incorporada no modelo é devido ao não conhecimento dessa taxa. No presente modelo, adequou-se esta função à distribuição de probabilidade de Poisson com parâmetro  $\lambda$  da seguinte forma:

$$\pi(\theta) = \pi_p(k) = \frac{\lambda^{k-1} e^{-\lambda}}{(k-1)!}$$

onde  $\lambda - 1 = 9$  itens/mês é o número médio de itens retirados de estoques, ou seja,  $\lambda = 10$ .

Para o paradigma decisório da minimização da perda esperada sem observação  $l_a$ , ou seja, sem o uso da informação derivada da pesquisa de satisfação, a solução ótima pode ser encontrada a partir da resolução do seguinte problema de decisão (CAMPELLO DE SOUZA, 2007):

$$\text{Min}_a l_a = \sum_{\Theta} L(\theta, a) \pi(\theta).$$

Para o paradigma decisório da minimização da perda esperada com observação  $l_d$ , ou seja, com o uso da informação derivada da pesquisa de satisfação, a solução ótima pode ser encontrada a partir da resolução do seguinte problema de decisão:

$$\text{Min}_d l_d = \sum_{\Theta} \sum_{\{x:d(x)=a\}} L(\theta, a) \pi(\theta) P(x | \theta)$$

Opcionalmente, segundo a forma extensiva de cálculo, para cada observação deve-se determinar a ação ótima correspondente (CAMPELLO DE SOUZA, 2007):

$$\text{Min}_a l_{a(x)} = \sum_{\Theta} L(\theta, a(x)) \pi(\theta) P(x | \theta)$$

Caso a pesquisa de mercado não seja encomendada, o problema consistirá simplesmente em se determinar uma ação ótima, aquela que apresenta o menor risco esperado. Logo, tem-se na Tabela 2 o mínimo valor de perda esperada entre todas as alternativas disponíveis. Se a empresa optar por contratar e utilizar a pesquisa de satisfação, a solução será uma política ou regra ótima, dada em função das possíveis observações. Resolvendo-se pela forma extensiva de cálculo, tem-se então na Tabela 3 o conjunto das ações que compõem a regra de decisão ótima, e suas respectivas perdas esperadas.

**Tabela 2** – Solução ótima da reposição periódica de estoques sem a pesquisa de satisfação

$q^*$	$l_{q^*}$
72	15872,6

**Tabela 3** – Solução ótima da reposição periódica de estoques com a pesquisa de satisfação

$x$	$q^*(x)$	$l_{q^*(x)}$
0	11	1841,2
1	12	2540,6
2	12	4042,5
3	12	6381,8
4	24	8577,7
5	36	10390,9
6	48	11941,5
7	53	13313,9
8	60	14527,7
9	72	15668,9
10	84	16782,2

## 5. Modelo de Revisão Contínua do Estoque

Considera-se que se pretende otimizar a operação do estoque segundo o modelo de revisão contínua, em que se deseja determinar o ponto de ressuprimento do estoque quando ele está sujeito a incertezas quanto à demanda pelos itens armazenados. Os componentes básicos do modelo de Teoria da Decisão, referentes às variáveis aleatórias e de decisão, são:

- Alternativas de ação  $\{a\}$ : consiste na determinação do ponto de ressuprimento ( $r$ ), que dá origem a um pedido para reposição do estoque de modo a atender a demanda no próximo período. No presente modelo,  $a \in \{0,1,\dots\}$ ;
- Estados da natureza  $\{\theta\}$ : taxa de demanda referente à quantidade de itens requisitados ( $k$ ) por unidade de tempo. Esta taxa, entretanto, permanece fixa para todo o período. No presente modelo,  $\theta \in \{1,\dots\}$ ;
- Espaço das observações  $\{x\}$ : número de clientes que se disseram satisfeitos durante a pesquisa de satisfação. No presente modelo,  $x \in \{0,1,\dots,10\}$ .

As funções básicas adotadas, que representam as relações, determinísticas ou probabilísticas, entre as variáveis do modelo de Teoria da Decisão são:

- Perda  $\{L(\theta, a)\}$ : custo associado ao superdimensionamento ou subdimensionamento do ponto de ressuprimento em relação à taxa de consumo do estoque. No presente modelo:

$$L(\theta, a) = L_{q,s}(k, r) = \begin{cases} C_p q + C_e \left[ \sum_{i=1}^{q/k} ki \right] + C_q (ks - r), & \text{se } r \leq ks, \\ C_p q + C_e \left[ \sum_{i=0}^r ki + r - ks \right] + C_d (r - ks), & \text{se } r \geq ks, \end{cases}$$

onde  $C_p = \$50$  é o custo unitário do pedido de reposição,  $C_e = \$10$  é o custo unitário de manutenção em estoque,  $C_q = \$150$  é o custo unitário de ruptura, e  $C_d = \$500$  é o custo unitário do descarte de material. Desenvolvendo a equação, e sabendo que  $q - kt = r - ks$ :

$$L(\theta, a) = L_{q,s}(k, r) = \begin{cases} C_p q + C_e \left[ \frac{q(q+k)}{2k} \right] + C_q (ks - r), & \text{se } r \leq ks, \\ C_p q + C_e \left[ \left( \frac{q-r}{k} + s + 1 \right) \left( \frac{q+r-ks}{2} \right) \right] + C_d (r - ks), & \text{se } r \geq ks, \end{cases}$$

Para um dado valor de  $k$ , a solução ótima sempre será  $r^* \geq ks$ , pois se  $r^* \leq ks$  a função perda  $L_{q,s}(k, r)$  será monotônica decrescente em  $r$ , forçando com que  $r^* = ks$ ;

- Função de verossimilhança  $\{P(x|\theta)\}$ : representa a relação entre satisfação e demanda esperada. No presente modelo, adequou-se uma distribuição binomial com parâmetros  $(n, p) = (10, \theta/(\theta+1))$ , onde  $n$  representa o número de clientes pesquisados e  $p$ , a probabilidade de um dado cliente da empresa estar satisfeito. Ou seja:

$$P(x|\theta) = P_n(x|k) = \binom{n}{x} \left( \frac{k}{k+1} \right)^x \left( \frac{1}{k+1} \right)^{n-x}$$

- Distribuição a priori  $\{\pi(\theta)\}$ : indica a probabilidade da taxa de decaimento do nível de estoque médio, ou seja, a velocidade com que os itens são consumidos. No presente modelo, adequou-se esta função à distribuição de probabilidade de Poisson com parâmetro  $\lambda$ , ou seja:

$$\pi(\theta) = \pi_p(k) = \frac{\lambda^{k-1} e^{-\lambda}}{(k-1)!},$$

onde  $\lambda - 1 = 9$  itens/mês é o número médio de itens retirados de estoques, ou seja,  $\lambda = 10$ .

Caso a pesquisa de mercado não seja encomendada, o problema consistirá simplesmente em se determinar uma ação ótima, aquela que apresenta o menor risco esperado. Logo, tem-se na Tabela 4 o mínimo valor de perda esperada entre todas as alternativas disponíveis. Se a empresa optar por contratar e utilizar a pesquisa de satisfação, a solução será

uma política ou regra ótima, dada em função das possíveis observações. Resolvendo-se pela forma extensiva de cálculo, tem-se então na Tabela 5 o conjunto das ações  $r(x)$  que compõem a regra de decisão ótima, e suas respectivas perdas esperadas  $l_{r(x)}$ .

**Tabela 4** – Solução ótima da revisão contínua de estoques sem a pesquisa de satisfação

$r^*$	$l_{r^*}$
9	11100,0

**Tabela 5** – Solução ótima da revisão contínua de estoques com a pesquisa de satisfação

$x$	$r^*(x)$	$l_{r^*(x)}$
0	1	49852,9
1	1	43906,8
2	1	34509,7
3	2	24765,1
4	3	18391,6
5	5	15102,5
6	6	13348,6
7	7	12288,6
8	8	11573,6
9	9	11054,4
10	9	10654,3

## 6. Modelo para escolha da política de gestão de estoques

Descreve-se agora como determinar o melhor sistema para gerir estoques, seja por meio da revisão contínua ou pela reposição periódica dos itens estocados. Trata-se, portanto, de uma metadecisão, pois o objetivo é escolher o modelo mais apropriado para otimização do estoque. Representando por  $R$  a escolha pelo método de gestão de estoques, tem-se  $R \in \{RC, RP\}$ .

Duas variantes da análise podem então ser propostas:

- Sem consulta à pesquisa de satisfação: será definido o melhor modelo de gestão de estoques a ser usado em todos os períodos. Esta situação encontra-se representada graficamente pela árvore de decisão da figura 2.
- Com consulta à pesquisa de satisfação: será definido o melhor modelo de gestão do próximo período compatível com o resultado da pesquisa, conduzida no início de cada período. Esta situação encontra-se representada graficamente pela árvore de decisão da figura 3, onde a partir de cada decisão  $R$  a árvore segue conforme descrito na figura 2.

A solução combinada, referente à seleção ( $R$ ) e à otimização ( $a$ ) do modelo, pode ser encontrada por uma inspeção direta das tabelas 2 e 4, para o caso sem experimentação, ou das tabelas 3 e 5, para o caso com experimentação. Através de uma comparação direta das perdas esperadas da melhor ação encontrada em cada método, pode-se identificar rapidamente o ajuste e o método ótimo de gestão de estoques. Dessa forma, tem-se na tabela 6 a solução para o problema sem a consulta ao índice de satisfação, enquanto que a tabela 7 apresenta o resultado com a consulta ao índice de satisfação. É importante salientar apenas que, para os casos em que o método ótimo de gestão de estoques  $R^*$  for igual a RC, a alternativa ótima  $a^*$  representa o ajuste do ponto de ressuprimento  $r$ , enquanto que se  $R^*$  for igual a RP, a alternativa ótima  $a^*$  representa o ajuste da capacidade do estoque  $q$ .

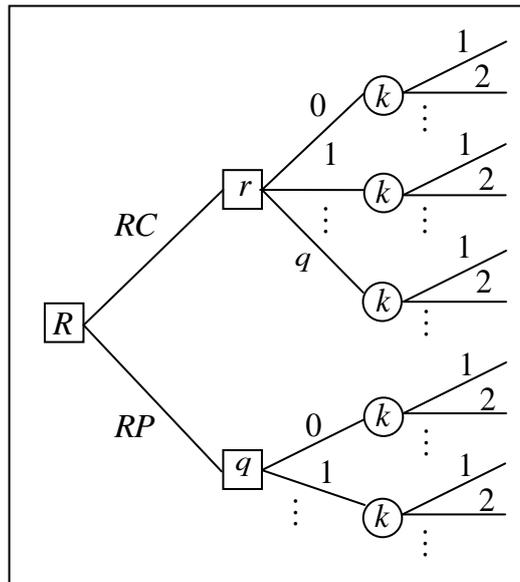


Figura 2 – Árvore de decisão sem a incorporação da pesquisa de satisfação

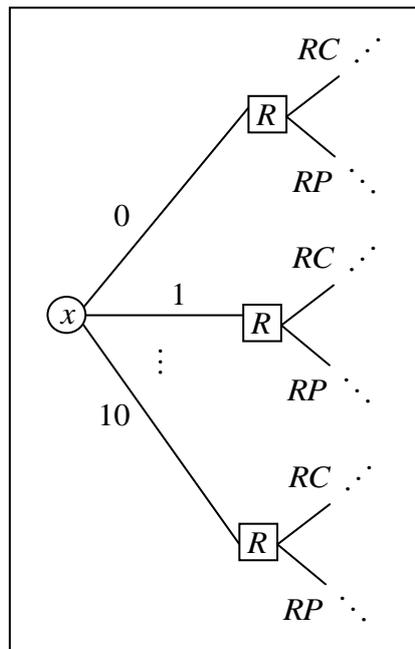


Figura 3 – Árvore de decisão com a incorporação da pesquisa de satisfação

Tabela 6 – Política ótima de gestão de estoques sem a pesquisa de satisfação

$R^*$	$a^*$	$L_{R^*,a^*}$
RC	9	11100,00

**Tabela 7** – Política ótima de gestão de estoques com a pesquisa de satisfação

$x$	$R^*(x)$	$a^*(x)$	$L_{R^*(x),a^*(x)}$
0	RP	11	1841,2
1	RP	12	2540,6
2	RP	12	4042,5
3	RP	12	6381,8
4	RP	24	8577,7
5	RP	36	10390,9
6	RP	48	11941,5
7	RC	7	12288,6
8	RC	8	11573,6
9	RC	9	11054,4
10	RC	9	10654,3

## 7. Conclusões e Resultados

Através da aplicação do critério da mínima perda esperada, é possível observar que, para observações de menores valores, correspondendo a um baixo índice de satisfação, a ação recomendada foi a adotar o modelo RC. Já para níveis de satisfação maiores, a política recomendada será o modelo de RP. Entende-se então que, quando a pesquisa de satisfação fornece uma indicação de que a demanda no próximo período será baixa, devido à pequena quantidade de clientes que se mostraram satisfeitos com o produto adquirido, é preferível a utilização de um modelo que procure monitorar continuamente o estoque devido ao baixo risco do estoque ficar a descoberto com esse método. No caso da pesquisa sinalizar uma demanda muito alta, pelo grande interesse dos clientes em adquirir o produto, deve-se adotar o sistema de reabastecimento a períodos regulares e previamente definidos, pois o risco do estoque acabar é igualmente muito elevado. Em ambos os casos, deve-se ajustar o ponto de operação do modelo para o de máxima eficiência.

Na comparação entre o uso da pesquisa de satisfação em auxílio à decisão, verifica-se que os dois critérios de decisão apontaram alternativas de ação similares; nos casos onde a demanda foi mais alta, recomendou-se a utilização do modelo RC. Tal conclusão é coerente com as características dos dois modelos de gestão de estoques: o modelo RP costuma ter um maior risco de falta associado, já que as revisões do nível de estoque são realizadas apenas em períodos fixos, o que torna o sistema menos capaz de responder a aumentos repentinos de demanda. Logo, devido aos altos custos decorrentes da falta de estoque, o reposição periódica acabou sendo mais aconselhável apenas quando uma baixa demanda era prevista, adotando-se a revisão contínua no caso contrário.

Cabe salientar que os valores encontrados dependem basicamente dos parâmetros adotados, embora as expressões das funções perda, distribuição a priori e verossimilhança possam mudar em outros problemas, ou até mesmo a faixa de valores das variáveis indicadas. Neste caso, embora seja factível encontrar soluções distintas, deve-se observar a partir de que nível de satisfação se produzirá uma alteração na política de gestão de estoque, do modelo RC para RP, ou ainda vice-versa.

## Referências

- Biazi, J. L.** *Administração de estoques para bens de varejo não perecíveis*. Gestão & Produção, v. 1, n. 2, p. 125-152, 1994.
- Campello de Souza, F. M.** *Decisões racionais em situações de incerteza*. 2 ed. Recife, 2007.
- Corrêa, H. L.; Corrêa, C. A.** *Administração de produção e operações - manufatura e serviços: uma abordagem estratégica*. 2ª ed. São Paulo: Atlas, 2005.
- Corrêa, H. L.; Dias, G. P. P.** *De volta a gestão de estoques: as técnicas sendo usadas pelas empresas*. Anais do SIMPOI 1998, FGVSP, 1998.



**Rosa, H.; Mayerle, S. F. e Gonçalves, M. B.** *Controle de estoque por revisão contínua e revisão periódica: uma análise comparativa utilizando simulação.* Produção. v. 20, n. 4, p. 626-638, 2010.

**Saab Jr., J. Y. e Corrêa, H. L.** *Cadeia de abastecimento: gestão de estoques pelo distribuidor.* RAE, v.48, n.1, p. 048-062, 2008.

**Santoro, M. C. e Freire, G.** *Análise comparativa entre modelos de estoques.* Produção, v.18, n.1, p. 089-098, 2008.

**Santos, A. M.; Rodrigues, I. A.** *Controle de estoque de materiais com diferentes padrões de demanda: estudo de caso em uma indústria química.* Gestão & Produção, v.13, n.2, p.223-231, 2006.

**Slack, N.; Chambers, S.; Johnston, R.** *Administração da produção.* 2ª ed. São Paulo: Atlas, 2007.