

# APLICAÇÃO DA SIMULAÇÃO PARA PARAMETRIZAÇÃO DE MODELOS DE REPOSIÇÃO DE ESTOQUE EM UM COMPLEXO HOSPITALAR

**Pierre Paul Drizul Havrenne (Poli - USP)**

havrenne@gmail.com

**Marco Aurélio de Mesquita (Poli - USP)**

marco.mesquita@poli.usp.br



*Este artigo discute e propõe modelos de controle de estoques de medicamentos e materiais de um complexo hospitalar pelo uso da técnica de simulação. Inicialmente, é feita uma análise crítica dos processos, o que evidência a carência de um modelo formal de reposição de estoques na farmácia central. Buscando solucionar esta deficiência da organização, foi desenvolvido um modelo de simulação capaz de representar a operação do sistema de estoques sob os modelos clássicos de reposição contínua e periódica. Com o auxílio do modelo de simulação e uso dados reais de demanda e custos, foram testados alguns cenários, sendo o cenário de menor custo a solução proposta para a organização. Esta solução proposta sugere o uso de diferentes políticas e parâmetros de controle de estoque para cada um dos itens considerados. Os resultados do modelo validado mostram um grande potencial de melhoria da gestão de estoques tanto pela redução de custos quanto pelo aumento do nível de serviço.*

*Palavras-chaves: Controle de Estoques, Simulação, Administração Hospitalar*

## 1. INTRODUÇÃO

Tradicionalmente avaliadas pela competência e reconhecimento de seu corpo médico, as instituições de saúde estão cada vez mais atentas à gestão de seus recursos, recorrendo cada vez mais à transposição de conceitos da administração industrial para o setor hospitalar. Esta mudança de gestão é abordada por Roth e Dierdonck (1995) que a justificam a partir de três fatores-chave: a proliferação de rígidas regulamentações governamentais, uma crescente competição entre estabelecimentos e o aumento de ações judiciais de pacientes. Estes fatores, em conjunto, impulsionam a busca por melhorias tanto na qualidade de atendimento como na diminuição de custos.

De acordo com o DataSUS (2008), no Brasil existem 7.685 hospitais com cerca de 200.000 leitos. Com recursos sempre escassos, a administração hospitalar é assunto de enorme abrangência e importância no país. Contudo, temas da Engenharia de Produção, tais como *layout*, qualidade de processos, organização do trabalho e gestão de estoques, ainda são pouco explorados no setor. Neste sentido, o presente artigo pretende chamar atenção para esta questão, apresentando um estudo da gestão de estoques no setor hospitalar.

Este estudo tem seu foco no uso de métodos de simulação para parametrização de modelos de reposição de estoque de medicamentos e materiais hospitalares em um complexo hospitalar. Seu objetivo é apresentar, através de um estudo de caso, um modelo de reposição de estoques e sua implantação na farmácia central do caso em estudo.

Inicialmente, o problema da gestão dos estoques de medicamentos e materiais hospitalares é formulado na seção 2. A seguir, na seção 3, discorre-se sobre o método aplicado no estudo. A seção 4 detalha a construção do modelo conceitual de simulação. Na seção 5, são apresentados e analisados os resultados da simulação do modelo de estoques proposto, comparando o desempenho deste com indicadores reais de um dado período. Por fim, a seção 6 encerra o artigo com considerações finais e desdobramentos do estudo.

## 2. FORMULAÇÃO DO PROBLEMA

O estudo foi realizado em um complexo hospitalar francês com um total de 250 leitos que, devido à recente introdução de uma nova regulamentação governamental, teve uma drástica redução no repasse de verbas públicas, levando-o a uma situação econômica crítica. Com isso, a direção da Fundação que dirige o hospital se viu obrigada a mudar sua administração, cortando custos e procurando melhorias em seus processos atuais, incluindo a gestão de estoques, foco deste estudo.

A administração dos medicamentos e materiais hospitalares na organização em questão é realizada por sua farmácia central, sendo esta responsável pela compra dos materiais junto aos fornecedores. Ao início do estudo, notou-se que a realização destas ordens de compra não seguia nenhuma regra formal e era realizada sempre que a farmácia central julgava necessária, gerando desorganização e excessos tanto nos níveis de estoque como no número de pedidos.

Os artigos são divididos em duas classes principais: medicamentos e materiais hospitalares, cada qual com sete subdivisões, feitas de acordo com a função de cada produto. São ao todo 2.860 itens, girando entre € 1,2 e € 1,4 milhão em ativos.

A grande gama de procedimentos médicos prestados no hospital exige os mais diversos produtos e para supri-los o hospital conta com uma lista de pouco mais de 270 fornecedores, que inclui desde pequenos revendedores até grandes laboratórios multinacionais. Além de um

preço diferenciado, os fornecedores estipulam uma franquia de frete, isto é, um valor de pedido a partir do qual o comprador é isento do frete, sendo estes valores negociados individualmente com cada fornecedor.

Finalmente, o fato de se tratar de uma instituição de saúde agrava as possíveis consequências de uma eventual falta de alguns itens, podendo inclusive resultar em óbito de paciente em tratamento. O hospital não possui dados confiáveis em relação ao nível de serviço atual da farmácia central, mas as estimativas giram entre 80 e 90%.

### 3. MÉTODO

O estudo iniciou-se com o mapeamento e a análise crítica dos processos da função de gestão de estoques, tendo por objetivo detectar e corrigir possíveis inconsistências. Conforme se suspeitava, certos procedimentos adotados eram incoerentes e conduziam a piora gradativa de resultados. Pode-se citar, por exemplo, uma tendência de sempre aumentar os limites máximos dos estoques em caso de faltas, encarando-as não como eventos probabilísticos que ocorrerão de tempos em tempos, mas como falha de planejamento. Por outro lado, os produtos com demanda decrescente em raras ocasiões tinham seus limites revistos.

A reformulação destes procedimentos visou fornecer ao estabelecimento uma estrutura robusta e adequada para implantação de uma política formal de estoque, impedindo que a eficiência desta fosse prejudicada por falhas na organização.

Apesar da existência de diversos modelos de estoque que tratam da problemática da definição de políticas de compra, a maioria trabalha com hipóteses simplificadoras de item único. No caso estudado, os altos custos referentes ao pagamento de frete tornam tal abordagem ineficaz. E, quando considerados modelos mais completos que levam em conta tais efeitos, como, por exemplo, o modelo de pedidos coordenados desenvolvido por Love (1979), nota-se que particularidades do caso estudado, como a existência de franquias e a própria diversidade na demanda dos produtos, tornam o problema incompatível com parte das premissas adotadas nestes modelos. Com isso, optou-se pela utilização de métodos de simulação, cujo principal benefício é justamente a capacidade de modelar uma grande variedade de sistemas sem utilizar tantas hipóteses simplificadoras (BOWERSOX & CLOSS, 1996). Para revisão bibliográfica completa em modelos de reposição de estoque recomenda-se Silver *et al.* (1998).

Outra questão-chave para o sucesso do estudo era a necessidade de uso de modelos de estoque simples, uma vez que, terminado o estudo, a atualização de seus parâmetros passaria a ser realizada pelos próprios funcionários da instituição que, em geral, não possuem uma base forte sobre conceitos de gestão de estoques. Desta maneira, optou-se pela adaptação e utilização de modelos de estoque de itens únicos, considerando o desempenho global do sistema, e não o de cada produto isoladamente, na parametrização dos modelos. Este equilíbrio entre a simplicidade de analisar os itens individualmente e eficiência global é justamente o que se busca quando utilizamos, por exemplo, uma classificação de produtos como a curva ABC. A inovação deste estudo está na utilização de métodos de simulação para classificação de produtos e parametrização de modelos de reposição de estoque.

### 4. DESENVOLVIMENTO DA SIMULAÇÃO

O uso de simulação exige a construção de um modelo capaz de representar o funcionamento real do caso estudado, que permita, depois de validado, avaliar seu comportamento em diferentes condições de operação. Este desenvolvimento deve ser planejado cuidadosamente a fim de se evitar erros conceituais, omissões e a necessidade posterior de re-trabalho. Portanto,

a construção de um modelo conceitual, que virá por ditar a lógica utilizada na simulação, é etapa fundamental para qualquer estudo envolvendo este método de apoio à decisão.

#### 4.1. Construção do modelo conceitual

A simulação busca representar de forma lógica o sistema estudado. Neste caso em específico, o estoque central de medicamentos e materiais hospitalares de um complexo hospitalar. A Figura 1 traz uma esquematização deste sistema.

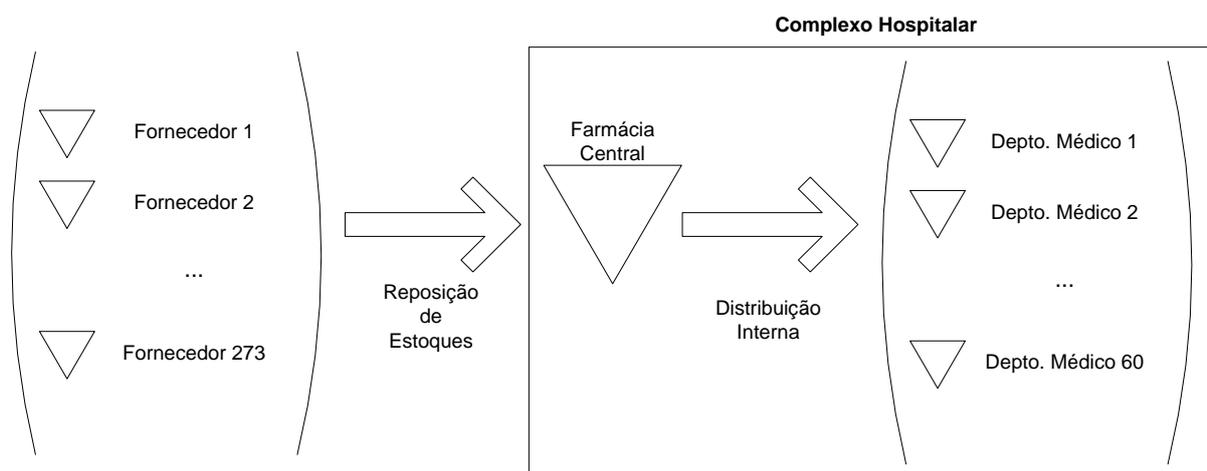


Figura 1 - Representação do sistema simulado

O sistema é dividido em dois fluxos básicos de atividade: reposição de estoques e distribuição interna. Sendo cada um destes regulado por regras que descrevem a lógica da simulação, apresentadas a seguir.

Conforme destaca Freire (2007, p.17), “o caráter dinâmico das quantidades no tempo tornam as decisões de quanto e quando abastecer os estoques de cada item as mais importantes dos modelos de gestão na busca dos objetivos de custos e atendimento da demanda”. Sendo assim, a grande problemática deste artigo se insere na determinação de regras formais que permitam decidir quando e quanto reabastecer os estoques.

A fim de formalizar o fluxo de reposição de estoques, foram utilizados modelos de estoque clássicos. Foram selecionados para análise dois dos modelos mais tradicionais: o de revisão periódica com reposição do máximo (RP) e o de revisão contínua com reposição por ponto de pedido (RC). Ambos os modelos são totalmente definidos por um par de parâmetros: para o modelo RP são necessários o período de revisão (T) e o estoque máximo (S), enquanto para RC, o ponto de pedido (R) e o tamanho do lote (Q). A Tabela 1 compara algumas das características básicas destes modelos.

Modelo de estoque	Fator que dispara as ordens de compra	Tamanho do lote de reposição	Frequência de reabastecimento
Revisão Periódica <T,S>	Período de revisão (T)	Variável	Constante
Revisão Contínua <R,Q>	Ponto de pedido (R)	Constante	Variável

Tabela 1 - Resumo das características de cada modelo de estoque analisado

Optar por um ou outro destes modelos não é uma decisão global e, sim, individual para cada produto. Portanto, dependendo do modelo selecionado, a reposição de estoques do produto seguirá uma lógica distinta, conforme ilustrado pela Figura 2.

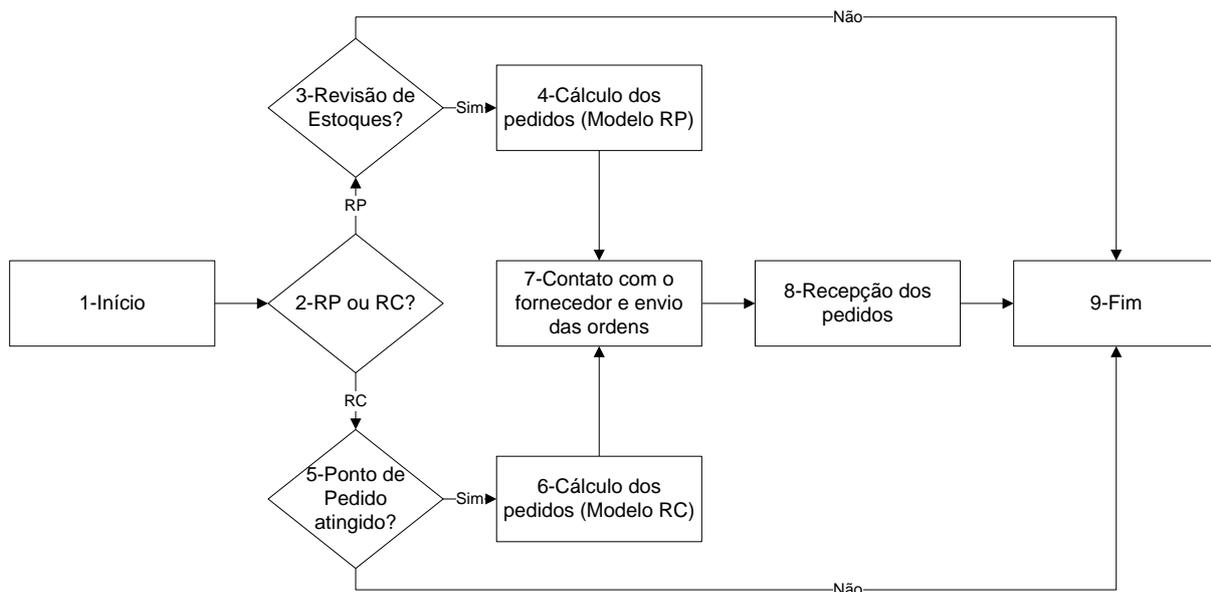


Figura 2 - Reposição de estoques da farmácia central

O segundo fluxo, por sua vez, apresenta a distribuição interna dos medicamentos e materiais para os departamentos médicos do complexo hospitalar, esquematizado na Figura 3.

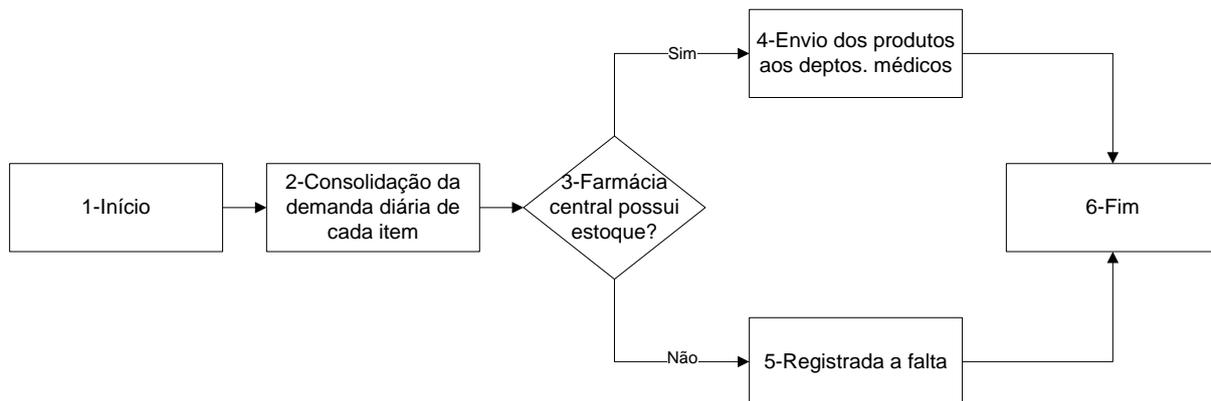


Figura 3 - Distribuição interna de produtos para os departamentos médicos

Vale ressaltar que em caso de falta, considerou-se que estas resultariam no não-atendimento da demanda e não em atraso, como em certos estudos. Isto se deve à natureza do caso em questão, onde os pacientes dificilmente poderão aguardar os períodos normais de entrega do fornecedor. Com isto, deverão ser adotados métodos emergenciais para obtenção deste produto por parte do hospital, que não serão discutidos neste trabalho.

#### Definição das Variáveis de Decisão e Parametrização dos Modelos:

As variáveis de decisão da simulação devem permitir a seu usuário controlar a maneira como é realizado o reabastecimento de cada produto. Sendo assim, a primeira variável de decisão consiste na escolha do modelo de estoque, RP ou RC, para cada item.

Conforme dito anteriormente, ambos os modelos são totalmente definidos por um par de parâmetros. Logo, definir este par de variáveis de decisão daria controle total sobre o reabastecimento dos produtos ao usuário. Entretanto, com isto obter-se-iam variáveis de decisão distintas para cada um dos modelos, dificultando tanto a escolha de seus valores como

também uma possível comparação entre os modelos. Buscou-se então como alternativa a utilização do período médio de reposição de estoques como variável de decisão. Para os modelos RP, este definiria o período médio de revisão, T, e para os modelos RC o tamanho do lote, Q (igual à demanda média do produto para o período). Além de simplificar a definição das variáveis de decisão do estudo, esta opção facilitou a aceitação do modelo conceitual por parte dos funcionários, devido à maior facilidade de compreensão do significado da variável.

Em seguida, para que os modelos fossem inteiramente definidos, restava ainda a determinação do segundo parâmetro. Para não acrescentar um novo parâmetro à simulação optou-se por determiná-los a partir da fixação de um nível de serviço desejado. Assim, o ponto de pedido para os modelos RC e o estoque máximo para os RP, são definidos através de um processo iterativo de simulação de forma a atender o nível de serviço exigido para cada produto. Ao final da parametrização, pode-se comparar diretamente os modelos RP e RC, tendo ambos o mesmo período médio de reposição e o nível de serviço mínimo exigido pela farmácia central.

Resumindo, as variáveis de decisão utilizadas no problema são: modelo de estoque e período médio de reposição de estoques, sendo o segundo parâmetro dos modelos de estoque, ponto de pedido (R) ou estoque máximo (S) calculado através destas variáveis.

Por razões práticas, é interessante restringir os valores que esta segunda variável possa assumir, limitando assim o problema e tornando-o mais próximo à realidade. A definição dos valores possíveis foi feita de forma a dividir os produtos em quatro categorias. Nestas situações, é conveniente utilizar a regra do  $2^k$ , pela qual os períodos de reposição dos produtos devem ser relacionados tal que a razão entre estes seja  $2^k$  (onde k representa um número inteiro), facilitando, assim, processos de compra, transporte e pagamento de fornecedores (LUSTOSA et al., 2008). Os valores escolhidos para o estudo são apresentados na Tabela 2.

Por razões práticas, é interessante restringir os valores possíveis do período médio de reposição utilizando a regra do  $2^k$ , pela qual os períodos de reposição dos produtos devem ser  $2^k$  períodos, onde k representa um número inteiro. Desta forma, facilita-se a coordenação dos pedidos e consequente redução dos custos (LUSTOSA et al., 2008). A definição dos valores possíveis foi feita de forma a dividir os produtos em quatro categorias, conforme Tabela 2.

Variável de Decisão	Valores admitidos
Período médio de reposição	1 semana
	2 semanas
	4 semanas
	8 semanas

Tabela 2 - Valores admitidos para o período médio de reposição

Com isso, existem ao todo oito combinações possíveis de políticas de estoque para o problema, apresentadas na Tabela 3 com as respectivas notações utilizadas:

Período médio de reposição	Revisão Contínua	Revisão Periódica
7 dias	RC-7	RP-7
14 dias	RC-14	RP-14
28 dias	RC-28	RP-28
56 dias	RC-56	RP-56

Tabela 3 - Modelos de reposição de estoque analisados e respectivas notações

### Indicadores de desempenho:

Conforme destaca Dias (2003, p.46), quando se analisam sistemas de estoque: “os resultados mais importantes de uma simulação são seus custos e os níveis de estoque”. Assim, os custos analisados, por sua vez, são compostos pelas seguintes parcelas:

- Custo de armazenagem: inclui imobilização financeira de capital, infra-estrutura de armazenagem e despesas inerentes aos procedimentos de estocagem e movimentação de materiais e ao espaço utilizado.
- Custo de pedido e frete: inclui infra-estrutura e pessoal necessários para realização de pedidos e transporte de produtos.

Ressalta-se que os custos de aquisição não são considerados, pois se admite que não haja descontos negociados com base no volume de compras.

O custo de falta por sua vez é de difícil estimativa, já que a indisponibilidade de alguns materiais pode vir a resultar inclusive em óbito do paciente. Tersine (1994) sugere como alternativa, para casos como este, a utilização do nível de serviço. Com isso, para fins deste estudo, define-se nível de serviço como a porcentagem da demanda do item a ser atendida.

Finalmente, chama-se atenção para a utilização do termo “pedido” neste estudo em particular: um pedido é o conjunto das quantidades demandadas de um ou mais produtos de um mesmo fornecedor num dado dia, ou seja, dois produtos de um mesmo fornecedor que tenham suas ordens de compra agendadas para um mesmo dia serão consolidados em um único pedido. Por outro lado, caso estes produtos sejam de fornecedores distintos serão realizados dois pedidos.

## **5. SIMULAÇÃO DE MODELOS DE ESTOQUE**

Antes de iniciar a discussão sobre a fase de experimentação é importante compreender a influência esperada de cada variável de decisão nos resultados. Conforme mencionado anteriormente, as variáveis de decisão do modelo de simulação são: o modelo de estoque e o período médio de reposição.

O modelo de revisão contínua, quando comparado à periódica, é marcado por uma maior reatividade à demanda, ou seja, enquanto em períodos de forte demanda a frequência de pedidos aumenta, já que o ponto de pedido é atingido mais rapidamente, em períodos de pouca demanda ocorre o contrário. Essa maior reatividade permite ao modelo operar com estoques de segurança menores que os equivalentes na reposição periódica, levando a um nível de estoque médio menor. Por outro lado, a visibilidade das datas de reposição dos produtos na reposição periódica permite à organização combinar a compra de diversos produtos em uma mesma data e pedido, reduzindo, assim, os custos de pedido e frete.

Portanto, a escolha do modelo de estoque recai sobre o dilema de reduzir o custo de armazenagem, através da reposição por ponto de pedido, ou os de pedido e transporte, com a reposição periódica. Da mesma forma, a escolha dos períodos médios de reposição recai sobre o mesmo dilema. Intervalos menores resultam em pedidos menores e mais frequentes, levando a uma diminuição do custo de armazenagem e, em contrapartida, um aumento dos custos de pedido e frete, e vice-versa.

Os dados de demanda disponíveis foram divididos em dois períodos: o de experimentação e o de validação. Durante o primeiro, determina-se a política de estoque para cada item. Este conjunto de regras para cada um dos 2.860 itens compõe a solução para o problema de parametrização de um modelo geral de gestão de estoques para a instituição em questão. Em

seguida, a validação busca certificar que esta solução não é específica para o período de experimentação, apresentando resultados também adequados em um período posterior.

### 5.1. Experimentação

O objetivo desta fase é encontrar um modelo de reposição de estoques geral, onde cada produto é gerido por um dos oito modelos apresentados na Tabela 3. A partir da discussão do início desta seção, espera-se que o modelo RC seja adotado para os itens mais estratégicos, de maior valor agregado e que possam, assim, compensar as economias no custo de pedido e frete do modelo RP com uma redução significativa no custo de armazenagem. Por outro lado, espera-se que para os produtos de menor valor agregado, a grande maioria dos itens, o modelo RP seja o mais adequado. Por isso, partiu-se inicialmente de modelos puramente RP para, mais adiante incluir o modelo RC.

A fase de experimentação é dividida em três etapas.

A primeira consiste em uma varredura inicial de soluções para o problema utilizando modelos puramente RP. Os períodos médios de reposição foram definidos para cada uma das classes de produto de acordo com uma curva ABC, utilizando períodos mais curtos de acordo com a importância da classificação do produto, ou seja, produtos “A” possuam períodos de reposição menores que produtos “B” e, estes menores que os produtos “C”. Além da variação dos períodos médios de reposição, também foram testadas diferentes repartições para as classes ABC (percentuais de valores para cada classe). Em suma, esta etapa busca uma solução inicial para o problema, dividindo os produtos em três grandes blocos e adotando para cada um destes uma política de estoque distinta.

A segunda etapa parte da melhor solução encontrada inicialmente e busca refiná-la através da redução do período médio de reposição de alguns produtos, isto é, procuram-se produtos que, através da redução de seus períodos médios de reposição, possam obter uma redução em seus custos de armazenagem superior a aumentos nos custos de pedido e frete, contribuindo, desta maneira, para a melhoria da solução.

Finalmente, a última etapa inclui o modelo RC na análise, buscando identificar e substituir os modelos de reposição de certos produtos, com o mesmo intuito da etapa anterior.

A seguir, as etapas de experimentação e seus resultados serão analisados em detalhe:

#### Primeira etapa: Varredura inicial de soluções

Nesta etapa, os itens são divididos de acordo com os princípios de uma classificação ABC. A cada simulação, variavam-se tanto os períodos médios de reposição utilizados por classe, como as repartições de cada classe. Após um total de 30 simulações, o melhor resultado obtido é apresentado pela Tabela 4.

Custo	Valor (€)	
Armazenagem	€ 324.488	€ 363.152
Pedido	€ 28.525	
Frete	€ 10.139	

Tabela 4 - Melhor resultado da primeira etapa

A Tabela 5 apresenta como foi feita a repartição das classes ABC e quais as políticas utilizadas para cada uma destas classes.

Parâmetro	Classe de Produtos		
	A	B	C
Limite percentual de cada classe (produtos em ordem decrescente de consumo anual)	60%	30%	10%
Período de Revisão (T)	14 dias	28 dias	56 dias

Tabela 5 - Parâmetros utilizados para obtenção da melhor solução na primeira etapa

### Segunda etapa: Redução do período médio de reposição

Nesta etapa, parte-se da melhor solução obtida anteriormente, definida pela Tabela 5. Busca-se melhorar o desempenho do modelo geral de estoques através da diminuição do período médio de reposição de certos itens, servindo como um refinamento da classificação ABC. Procuram-se, então, produtos que, através de uma redução do período médio de reposição, possam obter uma diminuição do custo de armazenagem superior a aumentos nos demais custos. Por motivos de viabilidade, esta análise foi limitada aos produtos de classe A, os mais significativos e que trariam maiores impactos ao resultado geral.

Para definir quais produtos teriam, então, seus períodos de revisão reduzidos de duas para uma semana, utilizou-se uma funcionalidade do simulador que permite a análise individual de cada produto. Com isso, desconsideraram-se os efeitos de interação de custos de pedido e frete, considerando cada pedido como de item único, permitindo, assim, a análise produto a produto dos custos totais.

Chama-se a atenção, contudo, para o fato de que esta comparação individual pode ser enganosa, já que a redução no período médio de reposição de um produto pode gerar um aumento no frete geral pago a seu fornecedor. Isto se deve à redução da quantidade média deste produto por pedido, esta pequena diferença no valor do pedido deste fornecedor pode implicar que estes não atinjam mais as franquias e, portanto, comecem a pagar um frete do qual antes estavam isentos. Quando se comparam os produtos individualmente, há essa possível perda na análise, porém, nestes casos, podem ser utilizados padrões mais rígidos para as políticas de estoque de cada produto, como será demonstrado na etapa seguinte.

Assim, comparando individualmente os custos totais para cada um dos 168 itens pertencentes inicialmente à classe A, 22 deles apresentaram desempenho melhor para os períodos de reposição menores. Por isso, estes tiveram seus períodos alterados, resultando numa melhoria do resultado geral em cerca de € 20.000, ou 5% sobre a solução da primeira etapa. A Tabela 6 apresenta os resultados consolidados desta etapa.

Custo	Valor (€)	
Armazenagem	€ 303.249	€ 343.584
Pedido	€ 29.505	
Frete	€ 10.831	

Tabela 6 - Resultados da segunda etapa

### Terceira etapa: Inclusão do modelo de revisão contínua

Nesta última etapa, procura-se trocar o modelo de reposição de certos produtos, buscando obter novamente uma diminuição do custo total.

Comparou-se então, individualmente, o desempenho de cada produto com a política de estoque definida na etapa anterior e com uma política RC de mesmo período de reposição.

Avaliando os custos totais, grande parte dos produtos obteve resultados melhores com a nova política. Porém, se o modelo de reposição destes produtos fosse alterado e o novo modelo geral de estoques simulado, o que se observaria é uma piora significativa nos resultados. Isto é explicado pelos efeitos de interação dos custos de pedido e frete, que, no caso da mudança do modelo de reposição, são muito mais significativos que os vistos na etapa anterior.

Para contornar esta limitação, comparou-se, então, o custo de armazenagem da política dada pela etapa anterior contra o custo total da política com o novo modelo de reposição, adotando-se um critério mais rigoroso para troca do modelo de estoque. Nota-se, contudo, que mesmo com a adoção deste critério ainda não se elimina a probabilidade de piora no resultado geral com a troca dos modelos de reposição.

Comparando, então, o custo de armazenagem dos modelos RP contra o custo total dos modelos RC, 267 dentre os 2.860 itens tiveram resultados melhores com estes últimos. Com isso, a solução geral teve uma melhoria de cerca de € 25.000, ou 7% do encontrado na etapa anterior. A Tabela 7 apresenta os resultados desta etapa.

Custo	Valor (€)	
Armazenagem	€ 268.257	€ 319.397
Pedido	€ 39.170	
Frete	€ 11.970	

Tabela 7 - Resultados da terceira etapa

Por fim, comparando os melhores resultados de cada etapa, obtêm-se os custos na Figura 4.

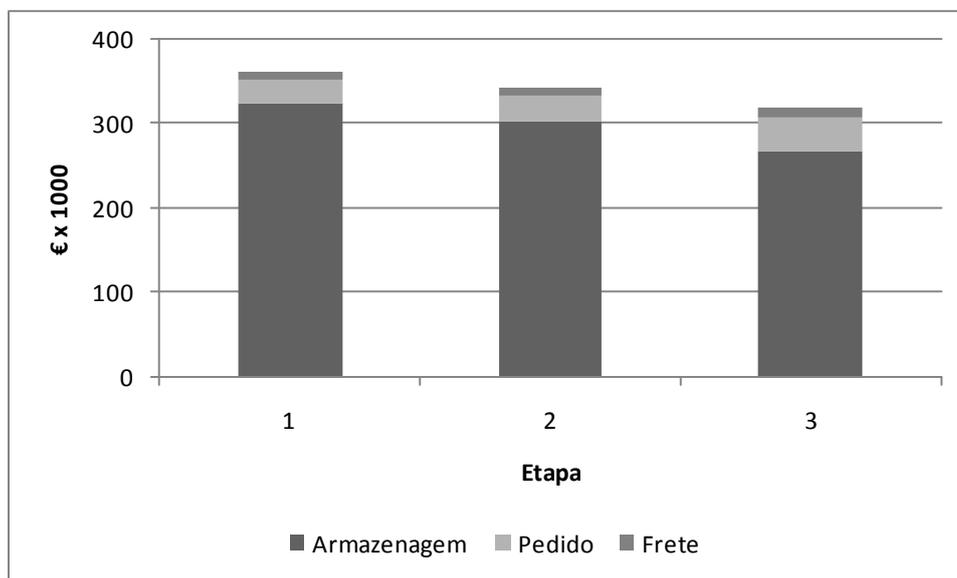


Figura 4 - Melhores resultados de cada etapa

Recapitulando, a primeira etapa classificou os produtos de acordo com o conceito da classificação ABC, atribuindo um modelo RP para cada classe. A segunda etapa consistiu na busca de uma melhoria pela redução do período de revisão dos produtos de classe A, a partir do melhor modelo obtido na etapa anterior (no caso, um modelo puro RP, com períodos de revisão definidos pela Tabela 5). Em seguida, na terceira e última etapa, foi incluído na

análise o modelo RC, construindo, finalmente, um modelo de reposição de estoques misto com políticas de estoque definidas para cada um dos 2.860 itens analisados.

Note que tanto da primeira para segunda etapa, como da segunda para terceira, há um aumento no custo de pedido e frete, que, no entanto, é amplamente compensado pela diminuição no custo de armazenagem, resultado consistente com a análise teórica realizada no início desta seção. Portanto, apesar de ligeiras distorções, o modelo de simulação conseguiu refletir com sucesso os resultados esperados em teoria.

Por fim, o resultado da análise é um modelo de reposição geral com regras de reabastecimento definidas para cada um dos 2.860 itens analisados. Para cada produto são definidos: o modelo de reposição de estoque e os parâmetros que o definem ( $\langle T, S \rangle$  ou  $\langle R, Q \rangle$  para os modelos RP e RC respectivamente).

A Tabela 8 apresenta a distribuição dos produtos por modelo de reposição.

Política de Estoque	Modelo Adotado	Número de SKUs
Revisão Periódica	RP-7	14
	RP-14	119
	RP-28	407
	RP-56	2.053
	Total	2.593
Revisão Contínua	RC-7	41
	RC-14	27
	RC-28	51
	RC-56	148
	Total	267
TOTAL		2.860

Tabela 8 - Distribuição de itens por modelo de reposição no cenário final

## 5.2. Validação do Resultado

Na fase de validação, procura-se testar a consistência do modelo geral de estoques obtido na fase inicial de parametrização, simulando-o para um período posterior e comparando seu desempenho aos indicadores reais obtidos pela instituição neste mesmo período.

Nesta nova fase, com o modelo geral de estoque já definido, o nível de serviço passa a ser um importante indicador de desempenho. Lembrando que na fase de parametrização, o nível de serviço foi utilizado como dado de entrada na simulação para obtenção do modelo de estoques proposto.

Os resultados obtidos na simulação do modelo proposto são exibidos pela Tabela 9, mostrando claramente o ganho de eficiência em relação à situação atual da gestão de estoques na organização.

O estoque médio do modelo proposto simulado durante o período esteve entre € 400 e € 600 mil abaixo do patamar atual, resultando também em um nível de serviço superior.

Outro dado importante é a redução do número médio de pedidos realizados. A falta de planejamento das datas em que os produtos são encomendados leva a pedidos de menor quantidade e, menor valor, que, conseqüentemente, acarreta num frete bastante elevado.

Com relação ao nível de serviço, as estimativas atuais indicam um número entre 80 a 90%, significativamente inferior ao valor obtido com o modelo proposto. Destaca-se, contudo, o fato de que cerca de 10% dos produtos não atingiram um nível de serviço mínimo de 90%. Isto pode ser explicado pela mudança dos padrões de demanda destes produtos do período de experimentação para o de validação. Reforça-se, assim, a recomendação de uma atualização periódica dos parâmetros do modelo, visando acompanhar a evolução dos padrões de demanda. Isto exige acompanhamento constante e atuação ativa do gestor dos estoques para identificar estas mudanças e evitar possíveis faltas e aumentos de custos de armazenagem.

Indicador		Simulação do Modelo Proposto	Real
Armazenagem	Estoque Médio (€)	€ 830.145	Entre € 1.230.000 e € 1.430.000
	Custo de Armazenagem (€)	€ 165.231	Superior a € 250.000
Pedido	Valor médio do pedido (€)	€ 872	N/D (Estimado em € 100)
	Média diária de pedidos	9,9	N/D (Estimado em 20)
	Custo de Pedido (€)	€ 24.911	N/D
Nível de Serviço médio	Ponderado por consumo	94,5%	N/D (Estimada entre 80 e 90%)
	Média simples	95,5%	

Tabela 9 - Resultados da etapa de validação

Todos os indicadores apontam um resultado bastante consistente do modelo de reposição de estoques proposto, sugerindo que a implantação deste novo modelo é altamente recomendável à organização, podendo alcançar reduções significativas em seus custos de operação e um aumento no nível de serviço geral.

## 6. CONCLUSÕES

O uso da simulação confirmou seus benefícios e limitações apontadas pela teoria. Ao mesmo tempo em que a flexibilidade desta técnica foi fundamental para que o sistema analisado fosse fiel ao real, a limitação na busca e identificação de ótimos torna impossível determinar o quão distante se encontra da solução ótima. Por outro lado, a abordagem permitiu a solução de um problema real com um número significativo de itens sob controle.

Finalmente, destaca-se que o setor de saúde está passando por grandes mudanças que irão culminar na reestruturação dos processos de suas instituições. Isto deve levar empresas de consultoria em gestão de operações a atuar cada vez mais na aplicação de conceitos de Engenharia de Produção na administração hospitalar, abrindo, assim, novas oportunidades para profissionais de engenharia e tornando as instituições de saúde cada vez mais eficientes.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

**BOWERSOX, D. & CLOSS, D.** *Logistical Management: The Integrated Supply Chain Process*. Singapura: McGraw-Hill, 1996.

**DATASUS.** *Estatísticas do setor de saúde*, 2008. Site da Federação Brasileira de Hospitais. Disponível em: [http://www.fbh.com.br/index.php?a=inf\\_estat.php](http://www.fbh.com.br/index.php?a=inf_estat.php). Acesso em: 20/03/2009.

**DIAS, G.** *Gestão dos estoques numa cadeia de distribuição com sistema de reposição automática e ambiente colaborativo*. Ed. Rev. Dissertação de Mestrado. São Paulo: EPUSP, 2003.

**FREIRE, G.** *Estudo comparativo de modelos de estoques num ambiente com previsibilidade variável de demanda*. Dissertação de Mestrado. São Paulo: EPUSP, 2007.

**LOVE, S.** *Inventory Control*. Nova Iorque: McGraw-Hill, p.111-125, 1979.

**LUSTOSA, L., MESQUITA, M.A., QUELHAS, O. & OLIVEIRA, R.** *Planejamento e Controle da Produção*. Rio de Janeiro: Campus, 2008.

**ROTH, A. & DIERDONCK, R.** *Hospital Resource Planning: Concepts, Feasibility and Framework*. Production and Operations Management. Vol. 4, p. 01-28, 1995.

**SILVER, E., PYKE, D. & PETERSON, R.** *Inventory Management and Production Planning and Scheduling*. 3 ed. Nova Iorque: John Wiley & Sons inc, 1998.

**TERSINE, M.** *Principles of Inventory Management*. 4.ed. Nova Jersey: Prentice Hall, 1994.