

Proposta de um sistema de informação para a gestão de inventário e o direcionamento das campanhas de coleta de sangue

Information system to manage blood inventory and direct collection campaigns

Vanessa Elionara de Souza Ferreira¹
Breno Barros Telles do Carmo²
Amanda Gondim de Oliveira¹

Como citar: Ferreira, V. E. S., Carmo, B. B. T., Oliveira, A. G. (2019). Proposta de um sistema de informação para a gestão de inventário e direcionamento das campanhas de coleta de sangue. *Gestão & Produção*, 26(2), e2223. <https://doi.org/10.1590/0104-530X2223-19>

Resumo: Direcionar as campanhas de coleta é um dos desafios dos hemocentros brasileiros, cujo objetivo é fornecer produtos a partir do sangue. Além disso, essas organizações precisam conciliar a oferta e a demanda dos produtos hemoterápicos. Assim, este artigo propõe um sistema para gerenciar os níveis de estoque de produtos nos bancos de sangue e direcionar as campanhas de coleta, de forma a maximizar o atendimento à demanda e minimizar o descarte em função dos prazos de validade dos produtos. O sistema foi implementado em ambiente de desenvolvimento *open source*, sem custo financeiro, por meio de linguagem de programação e banco de dados que permitam sua utilização em diferentes sistemas operacionais. A partir dos resultados, é possível constatar que o sistema é uma importante ferramenta de gestão para os bancos de sangue, por causa de seu potencial de fazer as previsões de demanda e, por meio da comparação com os níveis de estoque, de fornecer um direcionamento para as campanhas de coleta. O sistema possui uma interface clara e intuitiva com diversas funcionalidades de apoio às atividades rotineiras de hemocentros e é capaz de atendê-los, seja do Brasil, seja do mundo, quanto às suas necessidades.

Palavras-chave: Bancos de sangue; Previsão de demanda; Gestão de estoques; Java; Banco de dados.

Abstract: *Blood collection is one of the challenges of Brazilian Blood Banks, which aims at providing products produced from blood to hospitals. These organizations face the challenge of meeting supply and demand of blood products. This research paper proposes a system to manage inventory levels of blood products in Blood Banks to direct blood collection campaigns. The idea of the system is to maximize the offer and minimize the waste caused by products' expiry dates. The system was implemented in open source development environment, without financial cost, allowing portability and gratuity characteristics for the system. The system was implemented with real blood bank data to demonstrate system's functionalities, such as demand forecast. Through comparison of this information with inventory levels, the system provides guidance for blood collection campaigns. It presents a clear and intuitive interface with many features to support the activities of the blood banks and it is able to meet the needs of Blood Banks in Brazil and worldwide.*

Keywords: *Blood banks; Demand forecasting; Inventory management; Java; Database.*

1 Introdução

Os hemocentros são responsáveis pelo fornecimento dos itens derivados do sangue para hospitais. Segundo Erickson et al. (2008), o sangue gera vários produtos, tais como concentrado de hemácias, plaquetas e

plasma, com prazos de validade e requisitos de armazenamento variáveis, envolvendo uma estrutura complexa de captação de doadores, coleta, expedição, separação, teste, distribuição e armazenagem de curto

¹ Centro de Ciências Exatas e Naturais, Universidade Federal Rural do Semi Arido – UFERSA, Av. Francisco Mota, 572, Bairro Costa e Silva, CEP 59625-900, Mossoró, RN, Brasil, e-mail: vanessaelionara@ufersa.edu.br; amadagondim@ufersa.edu.br

² Centro de Engenharias, Universidade Federal Rural do Semi Arido – UFERSA, Av. Francisco Mota, 572, Bairro Costa e Silva, CEP 59625-900, Mossoró, RN, Brasil, e-mail: brenobarros@ufersa.edu.br

Recebido em Abr. 16, 2017 - Aceito em Dez. 2, 2018

Supporte financeiro: Nenhum.

prazo. Ratificando esse fato, Presse (2012) afirma que alguns produtos, por exemplo, as plaquetas, só duram cinco dias, razão pela qual seus estoques precisam ser renovados continuamente.

Entretanto, para produção desses itens, é necessário haver a disponibilidade da matéria-prima (bolsas de sangue totais, no caso dos hemocentros). Apesar de o Brasil ser apontado pela Organização das Nações Unidas (ONU) como o país com o maior volume absoluto de coleta de sangue da América Latina, o número de doações do país é proporcionalmente menor que a dos demais países da região. Segundo o Ministério da Saúde, apenas 1,8% da população entre 16 e 69 anos pode ser considerada doadora, o que evidencia a insuficiência dos níveis de estoques (Barrucho, 2015). Mesmo a porcentagem de doadores se enquadrando no parâmetro de 1 a 3% definido pela Organização Mundial da Saúde (OMS) (Laboissière, 2011), é preciso direcionar as coletas de campanha para evitar escassez e desperdício, pois existem diferentes tipos de produto produzidos a partir das bolsas de sangue e diferentes tipos sanguíneos, o que torna complexo o processo de gestão.

A escassez de sangue é um problema global. Katsaliaki (2008) afirma que são necessários esforços coordenados para evitar a exiguidade desses produtos e o desperdício. O mesmo autor observa ainda que, em decorrência de os produtos serem processados e distribuídos para os hospitais, existem perdas relacionadas à gestão de inventário, desatualização e práticas de transfusão.

Estudos experimentais relacionados à gestão de estoques em bancos de sangue são limitados (Van Dijk et al., 2009; Sirelson & Brodheim, 1991; Katz et al., 1983; Cohen & Pierskalla, 1975). Nenhum deles apresenta uma abordagem estrutural que possa ser adotada em diferentes bancos de sangue e hospitais, pois são voltados apenas para um produto específico, geralmente hemácias ou plaquetas. Em razão de suas particularidades quanto à perecibilidade e às variações de oferta/demanda, é fundamental a definição da quantidade mínima e máxima que deverá ser mantida em estoque para cada produto derivado das bolsas de sangue totais para mitigar a escassez e o desperdício.

Van Dijk et al. (2009) observam que os estudos direcionados a essa temática sequer fazem distinção entre grupos sanguíneos de preferência fundamentados no sistema ABO e RH, efeitos dos prazos de validade e incerteza do fornecimento de plaquetas. Gurgel & Carmo (2014) constataram, em sua pesquisa, que, além de uma taxa de doação relativamente baixa, existe ainda um alto índice de descarte de bolsas de sangue, ocasionada por fatores, como falhas durante a coleta e processamento, prazo de validade vencido, rejeição após testes de qualidade, gerando baixa disponibilidade de sangue e risco para a vida de vários pacientes. Eles ressaltam que o descarte em função dos prazos de validade é um aspecto que

pode ser reduzido por meio de modelos de controle de inventário.

Assim, um processo de gerenciamento eficiente do estoque de produtos derivados do sangue é elemento-chave para garantir o suprimento e evitar o desperdício desses itens, os quais são altamente percebíveis e de complexa obtenção. Os modelos de previsão de demanda permitem a redução dos erros na quantidade produzida, sendo a base do processo decisório e possibilitando uma maior acurácia da oferta de produtos no momento e na quantidade demandada. Além disso, reduzem parte das incertezas, permitindo que os gestores desenvolvam planos mais próximos da realidade (Stevenson, 2001). Nesse sentido, aliar modelos de previsão de demanda com gestão de estoques permite gerenciar, de maneira mais eficiente, o inventário nas organizações.

Gurgel & Carmo (2014) adaptaram o modelo desenvolvido por Leoprabhu et al. (2010) para aplicação no contexto brasileiro. Nesse estudo, os autores adaptaram as equações clássicas da área de gestão de estoques e previsão de demanda à resolução do problema de gestão de inventário em bancos de sangue. Os autores identificaram o comportamento da demanda para definir qual o método de controle de inventário e previsão de demanda adequado para cada grupo.

De acordo com Slack et al. (2009), sistemas de controle de estoque são frequentemente gerenciados por meio de sistemas de informação computadorizados, cuja precisão depende da manutenção detalhada dos registros de estoque, apresentando, entre suas funções mais importantes, o registro de estoques, a previsão de demanda e a geração de relatórios de nível de estoque. Stair & Reynolds (2002) afirmam que o valor da informação para uma organização está relacionado ao modo com que ela auxilia os tomadores de decisão no alcance das metas organizacionais. No contexto dos hemocentros, dados sobre os níveis de estoque são úteis para o direcionamento das decisões no âmbito das campanhas de coleta de sangue.

Assim, este artigo propõe um sistema de informação capaz de gerir o inventário de bancos de sangue, direcionando campanhas de doação, de forma a maximizar a disponibilidade dos produtos hemoterápicos e minimizar o descarte de bolsas de sangue. O sistema foi concebido em linguagem Java e banco de dados MySQL e foi validado com base nos dados de um hemocentro localizado em uma cidade do Estado do Rio Grande do Norte, Brasil.

2 Metodologia utilizada no desenvolvimento do sistema

A pesquisa foi realizada em um contexto de solução de um problema concreto, o que enquadra o estudo como pesquisa aplicada, segundo o conceito de Andrade (2001). O sistema de informações proposto (sistema integrado de gestão de bancos de sangue – SIGBS)

foi desenvolvido em etapas, de acordo com o método Cascata, no qual foi definida uma série de estágios a serem seguidos de forma linear (Pressman, 2009). As etapas de desenvolvimento foram estabelecidas com base em elementos do Processo Unificado (Rational Unified Process - RUP), processo híbrido que combina elementos de vários modelos de processos de software, ilustrando técnicas de boas práticas e dando suporte às fases de concepção, elaboração, construção e transição do processo de software (Sommerville, 2011).

As etapas para realização deste estudo foram: (i) concepção inicial do sistema; (ii) definição dos modelos de previsão de demanda e gestão de estoque; (iii) desenvolvimento do sistema de informações; e (iv) validação experimental do sistema em um hemocentro.

Na primeira etapa, foi realizada a concepção inicial do sistema a partir da análise das limitações das pesquisas científicas. Nesse ponto, foi constatada a carência de sistemas integrados de informação no contexto da gestão de inventários em bancos de sangue. A concepção da ideia do sistema e o funcionamento básico do aplicativo desenvolvido são apresentados na Figura 1.

Na segunda etapa, foram identificados os modelos para a realização das previsões e do cálculo dos estoques. Essa escolha foi baseada nos dados coletados na pesquisa realizada por Gurgel & Carmo (2014). O modelo de previsão de demanda foi escolhido em função do comportamento da demanda, calculando a previsão por produto e tipo sanguíneo. Para o cálculo da previsão, a pesquisa seguiu as etapas apresentadas por Tubino (2009): (i) identificação dos ciclos sazonais; (ii) cálculo da média móvel para cada ciclo

de demanda; (iii) cálculo dos índices de sazonalidade para cada período de demanda; (iv) supressão da sazonalidade do conjunto de dados; (v) cálculo da previsão de demanda por meio de um modelo de regressão linear; e (vi) reinserção do componente sazonal na previsão.

Os níveis de estoque mínimo e máximo foram calculados por meio do método proposto por Leoprabhu et al. (2010), cujas equações são fundamentadas nas formulações clássicas, como as apresentadas por Corrêa & Corrêa (2008) e Wild (2002), conforme apresentado no Quadro 1.

Na terceira etapa, o sistema foi desenvolvido. Foram utilizados *softwares open source* que permitissem a portabilidade do sistema e a gratuidade. A opção pela linguagem de programação Java se deu em função das seguintes características (Góis, 2009; Quinteiro, 2006; Sopchukm et al., 2014): (i) linguagem orientada a objetos, permitindo a manipulação de uma grande quantidade de objetos que se inter-relacionam; (ii) tecnologia *FREE*, com *Integrated Development Environment* (IDE) e servidores gratuitos; e (iii) portabilidade, possibilitando sua utilização em diferentes plataformas.

O ambiente de desenvolvimento escolhido foi o IDE Eclipse, em razão de sua interface de desenvolvimento amigável. Além disso, foi escolhido o sistema de gerenciamento de banco de dados MySQL, que possui diversas características semelhantes à linguagem Java, como portabilidade e gratuidade da tecnologia, sendo modelado e implementado com o auxílio da ferramenta MySQL Workbench para criação do banco de dados do sistema.

A definição dos requisitos do software foi realizada com base em um hemocentro localizado em uma

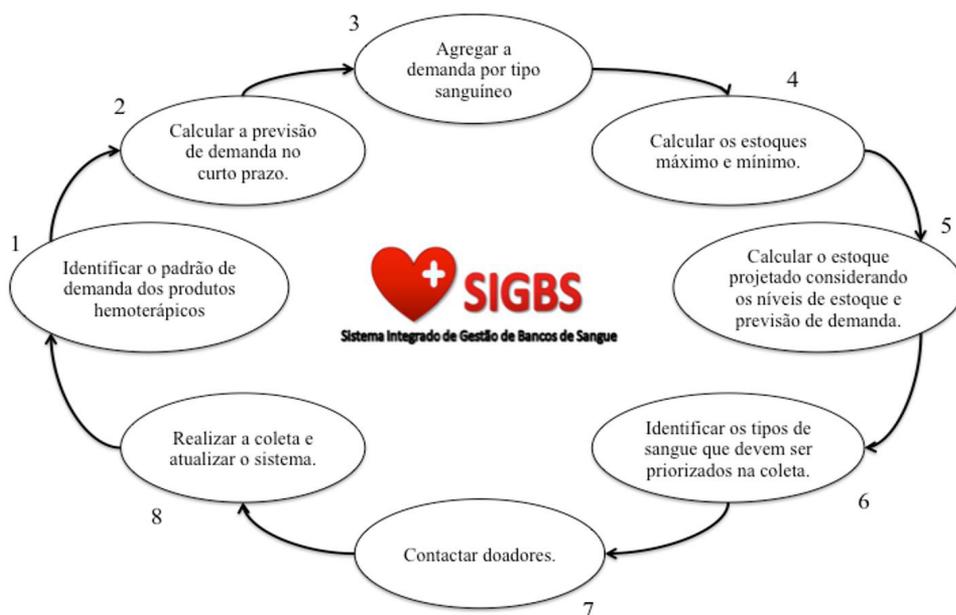


Figura 1. Concepção do sistema.

Quadro 1. Sequência de etapas para estabelecimento dos estoques mínimo e máximo e respectiva quantidade de bolsas a serem coletadas.

Etapa de cálculo dos níveis máximo e mínimo de inventário	Equação
1. Cálculo da demanda média	$d_{méd} = \frac{\sum_{i=1}^n d_i}{n}$
2. Cálculo do desvio-padrão	$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (d_i - d_{méd})^2}{n - 1}}$
3. Cálculo do estoque de segurança, considerando um nível de serviço de 99,99%	$Eseg = FS \times \sigma \times \sqrt{\frac{LT}{PP}}$
4. Cálculo do estoque mínimo mensal	$Min_{mensal} = D_{máx} \times LT_{máx} + Eseg$
5. Cálculo do estoque mínimo diário	$Min_{diário} = Min_{mensal} / 30$
6. Cálculo do estoque projetado	$EP_i = EA_i - P_i$
7. Cálculo da quantidade de bolsas a serem coletadas por produto com base em duas condições: a) se o estoque projetado for menor que o estoque mínimo, a quantidade de bolsas será igual à diferença entre o estoque mínimo e o estoque projetado; b) caso contrário, a quantidade de bolsas a serem coletadas será igual a zero.	$QB_p = \begin{cases} Min_{diário} - EP_i & \text{se } EP_i < Min_{diário} \\ 0 & \text{caso contrário} \end{cases}$

Legenda: $d_{méd}$ = demanda média; d_i = demanda ocorrida no período i ; n = número de períodos; i = índice do período ($i = 1, 2, 3, \dots, n$); σ = desvio-padrão da demanda futura; $Eseg$ = estoque de segurança; FS = fator de segurança; LT = lead time de ressurgimento; PP = periodicidade do desvio-padrão; $D_{máx}$ = demanda máxima da série histórica; $LT_{máx}$ = lead time máximo de processamento; Min_{mensal} = estoque mínimo mensal; $Min_{diário}$ = estoque mínimo diário; EP_i = estoque projetado para o dia i ; EA_i = estoque atual no dia i ; P_i = previsão para o dia i ; QB_p = quantidade de bolsas do produto p .

cidade de médio porte no oeste do Estado do Rio Grande do Norte.

As informações fornecidas pelos funcionários, bem como a forma de cadastro de entrada e saída de produtos, permitiram a análise dos requisitos funcionais e não funcionais da organização com relação ao Sistema de Informação (SI). Para Rocha et al. (2001), a engenharia de requisitos define os requisitos por meio da elicitação, da modelagem e da análise do que deverá ser feito, expressando as necessidades dos clientes que condicionarão a qualidade do software.

Obtidos os requisitos do sistema, foi possível realizar a fase de modelagem visual por intermédio do uso da linguagem unificada de modelagem (*Unified Modeling Language* - UML). A UML é uma linguagem padrão para modelagem orientada a objetos que têm como finalidade ilustrar o sistema e a comunicação entre eles. Tendo respaldo dessas sintaxes e semânticas bem definidas, Booch et al. (2005) afirma que um desenvolvedor deve utilizar a UML para escrever o modelo de forma que outro seja capaz de interpretá-lo sem ambiguidades.

A UML possui diagramas que são usados em combinação e tem o propósito de obter todas as visões e os aspectos do sistema. Neste trabalho, foram desenvolvidos o diagrama de caso de uso (Figura 2), que ilustra as funcionalidades que o sistema oferece ao usuário, e o diagrama de classe (Figura 3), que

possibilita a visualização da estrutura das classes utilizadas no sistema e seus relacionamentos.

Um modelo relacional foi utilizado para representar quais tabelas seriam implementadas no banco de dados. O Diagrama Entidade Relacionamento (DER), além de representar as tabelas do sistema, apresenta seus atributos e relacionamentos, sendo, portanto, uma modelagem lógica para o banco de dados. Na Figura 4, é possível visualizar o DER do banco de dados do sistema de informação desenvolvido no ambiente de modelagem do MySQL Workbench.

Com base nos diagramas de concepção do DER, foi desenvolvida a programação Java no IDE Eclipse e implementado o banco de dados no Sistema de Gerenciamento de Bancos de Dados (SGBD) MySQL, com o auxílio da ferramenta MySQL Workbench. A programação Java para os cálculos de previsão de demanda teve como base a modelagem proposta por Ferreira et al. (2013).

Na quarta etapa, o banco de dados foi alimentado com os dados experimentais de 2010 e 2011 coletados no hemocentro e apresentados na pesquisa de Gurgel & Carmo (2014), para que pudesse ser prevista a demanda para 2012. Foram coletados dados reais de demanda de 2012 no hemocentro para validar os resultados gerados pelo sistema de informações.

A validação do sistema foi realizada por meio da comparação entre os dados de demanda real e demanda prevista pelo sistema para os meses

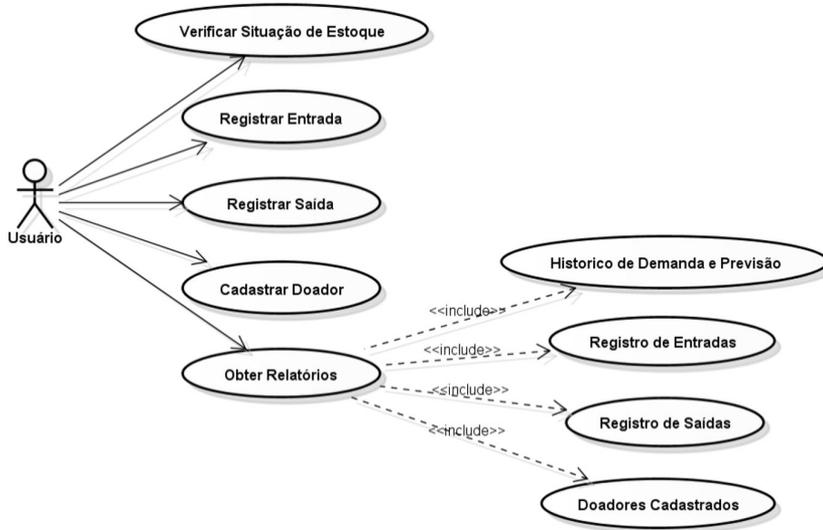


Figura 2. Diagrama de caso de uso do sistema de informações.

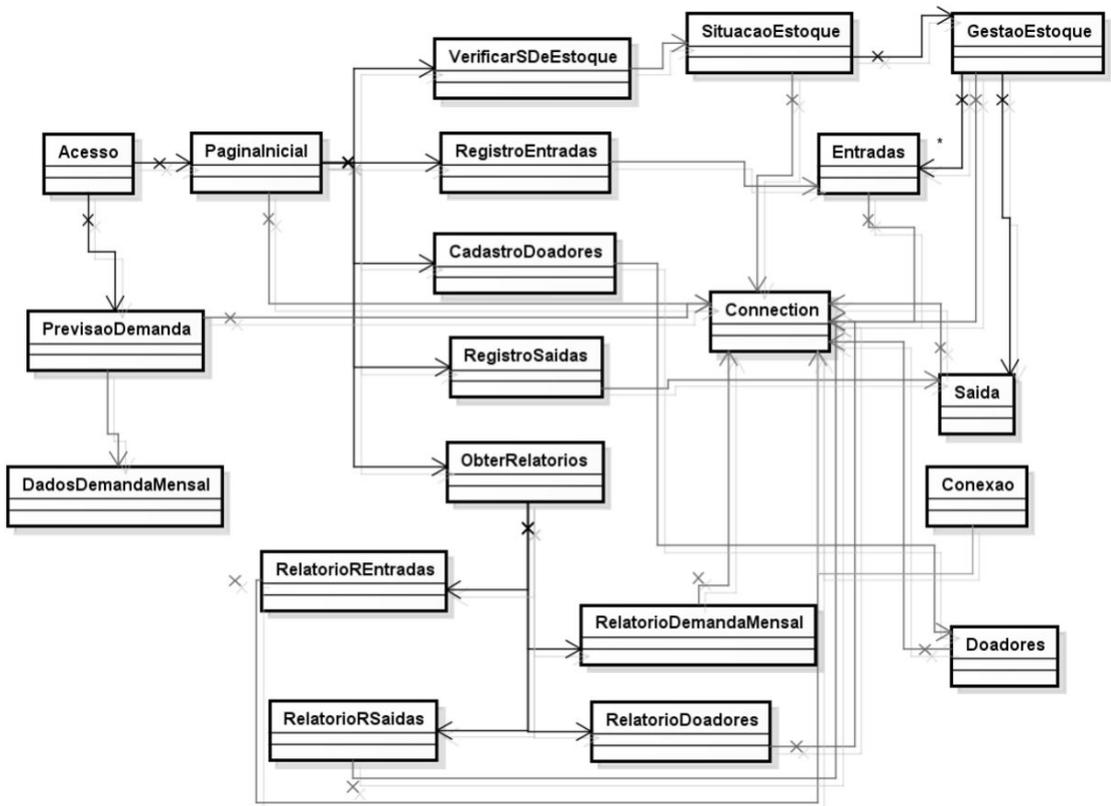


Figura 3. Diagrama de classes do sistema de informações.

de julho a dezembro de 2012. Segundo Werkema (1995, p. 5), “para que um processo seja previsível é necessário que ele esteja sob controle estatístico”. Por meio da elaboração de gráficos de controle (GC), é possível visualizar a variabilidade da demanda e, assim, verificar se os resultados estão ou não sob controle estatístico.

De acordo com Tubino (2009), como os modelos geram resultados mensuráveis com desvio-padrão esperado, pode-se aplicar o Controle Estatístico de Processos (CEP) para monitorar, de forma mais aprimorada, as previsões. Foi adotado esse modelo para o controle dos erros de previsão do SIGBS. O GC foi construído com os valores dos erros de previsão

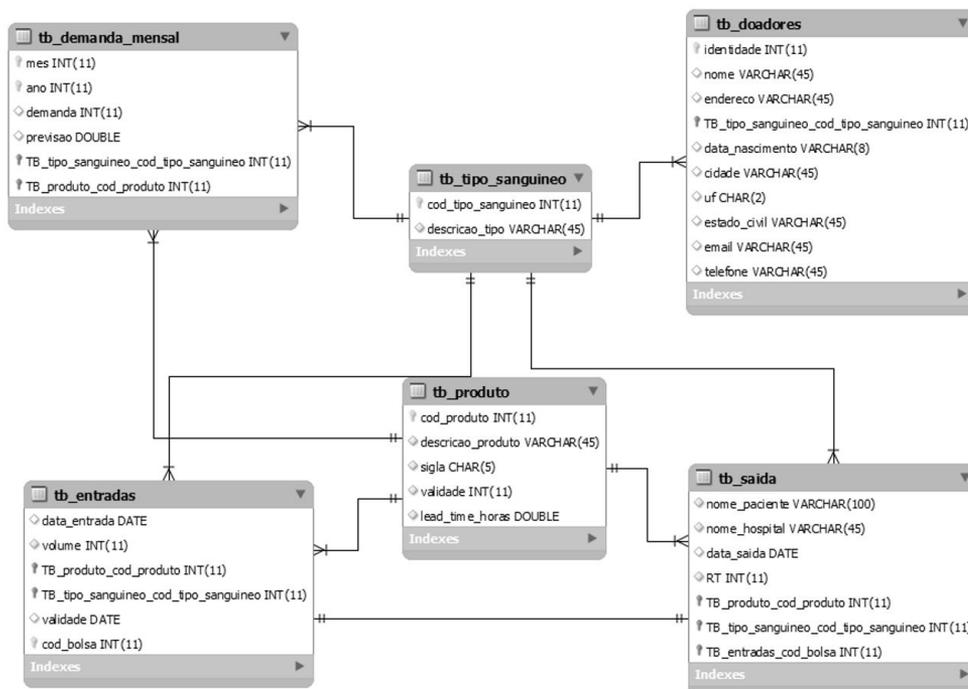


Figura 4. Diagrama de relações do banco de dados do sistema de informações.

(diferença entre demanda real e prevista) e com os limites superior e inferior de controle correspondendo a três desvios-padrão para cima/baixo, obtidos por meio do cálculo do MAD (Mean Absolut Deviation) (equação 1). A quantidade de três desvios-padrão foi definida para garantir um nível de serviço que evitasse a ruptura de inventário dos produtos hemoterápicos.

$$MAD = \frac{\sum |D_t - D_p|}{n} \tag{1}$$

Em que:

MAD = Mean Absolut Deviation.

D_t = demanda real.

D_p = demanda prevista.

n = número de períodos.

3 Apresentação do sistema

O SIGBS, além de permitir funções básicas de registro e geração de relatórios, oferece, com base nos níveis de estoque e previsão de demanda, subsídio para campanhas de coleta. Em seguida, cada funcionalidade do sistema será apresentada.

3.1 Inicialização do sistema: autenticação e menu principal

Antes de utilizar o SIGBS, é necessário autenticar o usuário por meio da validação do login e da senha, permitindo acesso ao menu principal. Sempre que o sistema é iniciado, ele verifica se os dados de previsão

de demanda para o ano atual estão cadastrados no banco de dados, pois são a base para a realização das rotinas de cálculo. O sistema apresenta cinco funcionalidades distintas:

- Verificar Situação de Estoque.
- Registrar Entrada de Produtos.
- Registrar Saída de Produtos.
- Cadastrar Doador.
- Obter Relatórios.

3.2 Funcionalidades do sistema

3.2.1 Verificar situação de estoque

Ao selecionar a opção “Verificar Situação de Estoque”, a tela da Figura 5 é apresentada no aplicativo. Essa é a funcionalidade mais importante do sistema, pois, a partir da previsão de demanda e análise dos estoques, ela fornece ao usuário a necessidade diária de coleta por produto e tipo sanguíneo, direcionando as campanhas de coleta.

Como alguns produtos se distinguem quanto à forma de coleta e processamento, o sistema diferencia a quantidade de bolsas a serem coletadas de acordo com o seu modo de obtenção em quatro grupos: Sangue Total, CHPL (Concentrado de Hemácias Pobre



Figura 5. Verificar situação de estoque.

em Leucócitos), CPA (Concentrado de Plaquetas por meio de Aférese) e CRIO (Crioprecipitado).

Uma bolsa de cada produto Concentrado de Plaquetas (CP), Concentrado de Hemácias (CH) e Plasma Fresco (PF) é gerada a partir de uma bolsa de Sangue Total. Assim, o sistema contabiliza uma bolsa de sangue para produzir os três dos produtos. O Concentrado de Hemácias Pediátrico (CHP) também pode ser considerado como um produto da bolsa total, tendo em vista que se pode obtê-lo por intermédio do CH, com um volume menor.

O CHPL é obtido por meio de doações realizadas fora do hemocentro, nas quais, por ultrapassar o tempo convencional de processamento da bolsa de Sangue Total, os demais hemocomponentes são descartados.

O CPA se diferencia do CP por sua forma de obtenção, uma vez que, nesse tipo de doação, somente são obtidas as plaquetas. Em relação ao seu volume, este é equivalente a seis bolsas de CP obtidas do Sangue Total.

O CRIO não é produzido no centro, sendo solicitado o reabastecimento sempre que necessário ao hemocentro da capital.

Um fator importante a ser considerado no cálculo das bolsas de Sangue Total vale ser ressaltado: caso seja preciso uma bolsa de CH A+ e duas de PF A+, não há a necessidade de três bolsas de Sangue Total, mas sim de duas, uma vez que uma bolsa de cada produto pode ser obtida a partir de uma bolsa de Sangue Total. No caso do CHP, como uma bolsa desse tipo difere da de CH apenas em volume, suas necessidades são somadas, ou seja, se forem necessárias uma bolsa de CH B+ e uma de CHP B+, são coletadas duas bolsas de Sangue Total. Assim, a quantidade final de bolsas de Sangue Total que devem ser coletadas é determinada a partir do maior valor de bolsas entre os três produtos: CH (CH+CHP), PF e CP.

Assim, a quantidade de bolsas que devem ser coletadas é informada pelo sistema para cada grupo de produto conforme sua forma de obtenção. Essa quantidade é baseada no nível de estoque

mínimo, a fim de evitar coletas desnecessárias e, conseqüentemente, desperdício.

Além de informar a quantidade de bolsas a serem coletadas, o sistema apresenta esses resultados em cores diferentes: coleta necessária (vermelho) e coleta não necessária (verde). No exemplo apresentado na Figura 5, o relatório indica que os produtos em vermelho precisam ser produzidos ou coletados, pois estão com valores abaixo do estoque mínimo. Logo, para o tipo sanguíneo A+, o banco de sangue necessita de oito bolsas de Sangue Total (padrão), uma bolsa de CHPL, zero bolsa de CP e uma bolsa de CRIO.

O objetivo dessa função é informar a necessidade de coleta para o dia consultado, direcionando as campanhas de coleta, com a definição de metas de captação e produção.

3.2.2 Registrar entrada de produtos

Por meio da função “Registrar Entrada de Produtos”, o usuário pode cadastrar todas as bolsas de hemocomponentes liberadas, ou seja, bolsas que foram aprovadas em testes imuno-hematológicos e sorológicos. Ao registrar os dados inseridos no banco, o prazo de validade da bolsa é calculado com base na data de entrada e de validade prevista para o produto. Cada bolsa cadastrada recebe um código único que contém as informações do sangue e sua validade.

3.2.3 Registrar saída de produtos

Ao selecionar a opção “Registrar Saída de Produtos”, o usuário pode cadastrar todas as bolsas de hemocomponentes enviadas para transfusão. Antes de ativar qualquer um dos campos, é necessário que o usuário informe o código da bolsa retirada do sistema. Caso a bolsa tenha sua entrada registrada no sistema, os demais campos são ativados, podendo o usuário prosseguir o registro de saída. Caso contrário, será emitida uma mensagem de erro.

3.2.4 Cadastrar doador

Ao selecionar a opção “Cadastrar Doador”, o usuário pode realizar o cadastro de doadores espontâneos do hemocentro. Isso permite que, sempre que haja necessidade por determinado tipo de sangue, um doador possa ser contatado.

3.2.5 Obter relatórios

Ao selecionar a opção “Obter Relatórios”, quatro tipos de relatórios são fornecidos:

- Histórico de Demanda e Previsão, que fornece ao usuário relatórios de consultas relacionadas ao histórico de demanda e previsão por seus produtos hemoterápicos.

- Registro de Entradas, que oferece ao usuário relatórios de consultas relacionadas às bolsas de hemocomponentes com entrada registrada no sistema.
- Registro de Saídas, que fornece ao usuário relatórios de consultas relacionadas às bolsas de hemocomponentes com saída registrada no sistema.
- Doadores Cadastrados, que oferece ao usuário relatórios de consultas relacionadas aos dados de doadores cadastrados no sistema.

Esses relatórios gerados têm por objetivo dar suporte à gestão do hemocentro e subsidiar as campanhas coletadas por meio do controle de inventário.

4 Validação do sistema

Os resultados gerados pelo sistema foram validados por meio da comparação da demanda prevista com a demanda real atendida pelo hemocentro.

A base de dados inicial do SIGBS foi estabelecida com base nos dados da demanda real de 2010 e 2011, coletados em um hemocentro do Estado do Rio Grande do Norte, Brasil. Todos os dados relacionados à saída de hemocomponentes por tipo sanguíneo são registrados apenas nos Livros de Saída de Sangue, cada um deles com dados correspondentes a um semestre de determinado ano. Esse aspecto se apresenta como um ponto fraco do atual modelo de gestão em razão do baixo nível de confiabilidade dos dados.

A intenção inicial deste estudo era coletar a demanda real para o ano inteiro de 2012 com o objetivo de validar a previsão fornecida pelo sistema, porém, após três tentativas de busca, foi confirmado pelo bioquímico do hemocentro que o livro do primeiro semestre de 2012 havia sido perdido, tendo sido disponibilizado apenas o livro do segundo semestre (compreendendo os meses de julho a dezembro), tornando ainda mais evidente a necessidade de uma ferramenta que proporcionasse um registro mais eficiente desses dados.

Na Figura 6, é possível visualizar o GC obtido para o produto CH O+, cujos erros, considerando-se apenas as demandas mensais de julho a dezembro,

apresentaram-se dentro dos limites superior e inferior de controle.

Por meio dos resultados obtidos, foi possível visualizar que, das 56 combinações de produtos por tipo sanguíneo, apenas 13 (23% do total) apresentaram, em um de seus meses, um valor de erro superior aos limites de controle estabelecidos. No Quadro 2, são elencados todos os produtos que ultrapassaram os limites de controle, com seu respectivo mês de ocorrência.

Identificados os produtos que extrapolaram os limites de controle, foram investigados quais motivos que explicavam essa diferença. Observando a série histórica dos dados de 2010 e 2011, foi possível perceber que tais produtos apresentavam um padrão de demanda baixo, praticamente nulo ao longo dos anos, com picos de demanda aleatórios. Provavelmente, isso se deva em razão da existência de algum paciente que necessitou, em meses específicos, de uma grande quantidade do produto. Para uma melhor visualização dessa concepção, a Tabela 1 apresenta os valores de erro e MAD obtidos para o produto PF.

Pela Tabela 1, os únicos tipos de PF com valores que ultrapassaram os limites de controle MAD foram os produtos PF B- e PF AB-. Nas Tabelas 2 e 3, são apresentadas as demandas de tais produtos ao longo dos anos analisados, considerando apenas o período de julho a dezembro de cada ano. Por meio dessas tabelas, é possível constatar que os valores que ocasionaram a ultrapassagem do limite superior ocorreram em apenas um mês específico em todo o período de análise. Por exemplo, a demanda de PF B- ultrapassou o limite superior somente no mês de setembro de 2012, sustentando a hipótese de que tal demanda tenha ocorrido por necessidades de pacientes específicos em determinados meses. Assim,

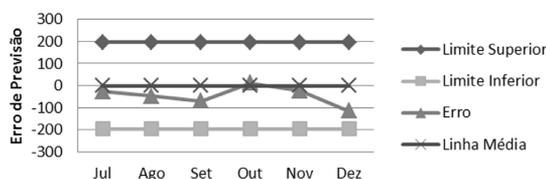


Figura 6. Gráfico de controle para concentrado de hemácias O+. Fonte: dados do estudo de campo.

Quadro 2. Produtos que ultrapassaram os limites de controle.

Produto	Tipo
Plasma Fresco	B- (setembro) e AB- (outubro)
Concentrado de Plaquetas	A- (outubro), B- (setembro) e AB- (outubro)
Concentrado de Plaquetas por meio de Aférese	B+ (dezembro) e AB- (outubro)
Concentrado de Hemácias Pobre em Leucócitos	B- (outubro)
Concentrado de Hemácias Pediátrico	AB+ (outubro) e A- (dezembro)
Crioprecipitado	B+ (agosto), AB- (outubro) e O- (outubro)

Fonte: dados do estudo de campo.

Tabela 1. Valores de erro e MAD para Plasma Fresco.

Período 2012 (2º Semestre)	Produto Tipo sanguíneo	Plasma Fresco (PF)							
		A+	B+	AB+	O+	A-	B-	AB-	O-
Erro de previsão mensal	Jul	-35	10	3	43	6	0	0	0
	Ago	23	5	2	53	0	0	0	4
	Set	-44	2	0	-43	0	10	0	9
	Out	-22	0	7	-23	1	0	6	15
	Nov	-52	5	0	-30	4	0	1	2
	Dez	-74	5	2	-231	0	0	0	4
Limite superior (4×MAD)		167	18	9,3	282	7	7	4,7	23
Limite inferior (-4×MAD)		-167	-18	-9,3	-282	-7	-7	-5	-23

Fonte: dados do estudo de campo.

Tabela 2. Demanda para PF B-.

Ano	Plasma Fresco B-					
	Demanda mensal					
	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
2010	1	0	0	0	0	0
2011	4	0	0	0	0	0
2012	0	0	10	0	0	0

Tabela 3. Demanda para PF AB-.

Ano	Plasma Fresco AB-					
	Demanda mensal					
	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
2010	0	0	0	0	0	0
2011	0	5	0	0	0	0
2012	0	0	0	6	1	0

para esses produtos, é necessário manter um nível de estoque acima do mínimo.

A aleatoriedade de tal tipo, sem influência de tendência, sazonalidade ou até mesmo correlação, dificilmente poderia ser prevista por meio de modelos quantitativos de previsão, o que confirma a necessidade de uma análise crítica dos resultados antes de serem utilizados no processo decisório.

Ressalta-se que o sistema informa um parâmetro para a campanha de coleta, usando como referência um modelo específico de previsão de demanda, sendo necessário fazer uma análise crítica dos resultados obtidos. Assim, é preciso avaliar se as causas que influenciavam a demanda no passado continuam válidas no futuro para que as previsões sejam aceitas como verdadeiras.

Diante das possíveis aleatoriedades, outro fator que justifica a validação do sistema é o fato de ele informar para o usuário a necessidade de coleta, considerando que a quantidade de cada tipo de produto a ser mantido no hemocentro não deve ser inferior ao valor de estoque mínimo, mantendo o sistema preparado para possíveis flutuações de demanda.

5 Considerações finais

Tendo em vista a função social dos bancos de sangue e a existência de um número limitado de doadores, minimizar o descarte é um fator-chave para esse tipo de organização. Conforme discutido nas seções anteriores, em razão da variedade e do curto tempo de vida dos produtos, um sistema de gestão dos estoques que direcione as campanhas de coleta é importante para que os hemocentros cumpram sua função social.

Entretanto, foi observada uma limitada literatura científica sobre o tema. Assim, esta pesquisa visou preencher essa lacuna por meio da proposição de um sistema de informação que faça a gestão dos estoques e direcione as campanhas de coleta.

Por meio dos resultados apresentados no artigo, o sistema é uma importante ferramenta de gestão para os bancos de sangue, por causa de seu potencial de fazer as previsões de demanda e, por meio da comparação com os níveis de estoque mínimo e máximo, de direcionar as campanhas de coleta.

Apesar de observar alguns erros de previsão em meses específicos, eles acontecem em razão da aleatoriedade, aspecto difícil de ser incorporado a qualquer modelo de previsão. Entretanto, isso não compromete a validação do sistema, pois o SIGBS foi validado para a grande maioria dos produtos hemoterápicos testados. Deve ser ressaltado, entretanto, que, para as previsões serem consideradas válidas, é necessário verificar se as causas que causavam influência na demanda no passado continuam a influenciar a demanda futura, bem como fazer uma análise qualitativa dos resultados apresentados antes do direcionamento da campanha de coleta. O sistema desenvolvido possui uma interface clara e intuitiva, com diversas funcionalidades de apoio às atividades dos hemocentros, e é capaz de atender às necessidades dessas organizações do Brasil. Entretanto, antes da aplicação, é preciso fazer uma avaliação da série histórica de dados para identificar se ela apresenta os componentes de sazonalidade e tendência, premissas consideradas na concepção do modelo de previsão utilizado.

Uma grande vantagem desse sistema foi a sua implementação em ambientes de desenvolvimento open source, sem custo financeiro, por meio de linguagens de programação e de banco de dados que permitem sua aplicabilidade em diferentes sistemas operacionais.

Além disso, as funcionalidades do sistema foram modeladas em função das rotinas de um banco de sangue real que segue as normas nacionais para hemocentros, o que confere ao SIGBS a característica de ser uma ferramenta voltada para esse tipo de organização, contemplando a grande variedade de produtos e a complexidade deles.

A próxima etapa desta pesquisa visa incorporar a essa ferramenta um modelo de análise da série histórica de dados para que seja definido o modelo de previsão em função desse parâmetro. Nesse sentido, seriam implementados na modelagem do sistema outros métodos de previsão – até esse momento, somente o modelo de previsão para séries históricas com os componentes sazonal e tendencial é considerado.

Será implementado também um banco de dados com o histórico de doação do doador, de forma a otimizar o processo de captação e respeitar o tempo mínimo entre as doações. Uma funcionalidade a ser adicionada nesse sentido, por exemplo, poderia ser, ao verificar a necessidade de determinado tipo sanguíneo, o envio de e-mail e/ou mensagem de texto para o celular de doadores cadastrados, com tal tipo sanguíneo, informando a necessidade de coleta e solicitando a doação.

Outro trabalho futuro seria transformar o SIGBS em um aplicativo web para que os usuários cadastrados pudessem acessá-lo a qualquer momento, em diferentes máquinas e lugares, via navegador web (sem necessidade de instalação).

Referências

- Andrade, M. M. (2001). *Introdução à metodologia do trabalho científico*. 5. ed. São Paulo: Atlas.
- Barrucho, L. G. (2015). *O que falta para o Brasil doar mais sangue? Dados da ONU apontam que país doa proporcionalmente menos que vizinhos latino-americanos; confirma cinco motivos*. Recuperado em 10 de outubro de 2016, de <http://g1.globo.com/bemestar/noticia/2015/08/o-que-falta-para-o-brasil-doar-mais-sangue.html>
- Booch, G., Jacobson, I., Rumbaugh, J. (2005). *UML: guia do usuário*. 2. ed. Rio de Janeiro: Campus.
- Cohen, M. A., & Pierskalla, W. P. (1975). Management policies for a regional blood bank. *Transfusion*, 15(1), 58-67. <http://dx.doi.org/10.1046/j.1537-2995.1975.15175103512.x>. PMID:1114515.
- Corrêa, H. L., Corrêa, C. A. (2008). *Administração de produção e operações: manufatura e serviços: uma abordagem estratégica*. 2. ed. São Paulo: Atlas.
- Erickson, M. L., Champion, M. H., Klein, R., Ross, R. L., Neal, Z. M., & Snyder, E. L. (2008). Management of blood shortages in a tertiary care academic medical center: the yale-new haven hospital frozen blood reserve. *Transfusion*, 48(10), 2252-2263. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1537-2995.2008.01816.x>. PMID:18631164.
- Ferreira, V. E. S., Paula, M. F. R., Carmo, B. B. T., & Almeida, A. C. P. (2013). Proposta de modelagem de um sistema de previsão de demanda em linguagem de programação java. In: *Anais do XXXIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção – ENEGEP* (pp. 1-18). Salvador: ABEPRO. Recuperado em 20 jan. 2014, de http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2013_TN_STP_182_040_22848.pdf
- Góis, Y. (2009). *Vantagens e desvantagens JAVA*. Recuperado em 06 de julho de 2014, de <http://linksi.blogspot.com.br/2009/07/vantagens-e-desvantagens-java.html>
- Gurgel, J. L. M., & Carmo, B. B. T. (2014). Dimensionamento do estoque de derivados de sangue em um hemocentro do Brasil baseado em um modelo de gestão de estoques e previsão de demanda. *Revista Produção*, 14(1), 264-293. <https://doi.org/10.14488/1676-1901.v14.i1.1594>.
- Katsaliaki, K. (2008). Cost-effective practices in the blood service sector. *Health Policy*, 86(2-3), 276-287. <http://dx.doi.org/10.1016/j.healthpol.2007.11.004>.
- Katz, A. J., Carter, C. W., Saxton, P., Blutt, J., & Kakaiya, R. M. (1983). Simulation analysis of platelets production and inventory management. *Vox Sanguinis*, 44(1), 31-36. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1423-0410.1983.tb04100.x>. PMID:6829180.
- Laboissière, P. (2011). *No Brasil, 1,9% da população doa sangue regularmente*. Recuperado em 29 de junho de 2014, de <http://exame.abril.com.br/brasil/noticias/no-brasil-1-9-da-populacao-doa-sangue-regularmente>
- Leoprabhu, E., Prakash, S. S., Vivek, I., Deepan, P., Ranganathan, R. (2010). *Inventory management for blood banks*. Tâmil Nadu: Coimbatore Institute of Tecnology.
- Presse, F. (2012). *OMS pede mais doações no dia mundial do doador de sangue*. Recuperado em 08 de junho de 2014, de <http://g1.globo.com/ciencia-e-saude/noticia/2012/06/oms-pede-mais-doacoes-no-dia-mundial-do-doador-de-sangue.html/>
- Pressman, R. S. (2009). *Engenharia de software*. São Paulo: Pearson Makron Books.
- Quinteiro, L. (2006). *Vantagens da linguagem java*. Recuperado em 06 de julho de 2014, de <http://www.htmlstaff.org/ver.php?id=4384>
- Rocha, A. R. C., Maldonado, J. C., & Weber, K. C. (2001). *Qualidade de software: teoria e prática* (6. ed.). São Paulo: Prentice Hall.
- Sirelson, V., Brodheim, E. (1991). A computer-planning model for blood platelet production and distribution. *Comp Methods Prog Biomed*, 35(4), 279-291. [http://dx.doi.org/10.1016/0169-2607\(91\)90006-F](http://dx.doi.org/10.1016/0169-2607(91)90006-F).
- Slack, N., Chambers, S., Johnston, R. (2009). *Administração da produção* (3. ed.). São Paulo: Atlas.

- Sommerville, I. (2011). *Engenharia de software* (9. ed.). São Paulo: Pearson Prentice Hall.
- Sopchukm, A. F., Agner, W. R. F., & Tafuri, L. (2014). Uso da tecnologia java no desenvolvimento de um software para controle de produção. *Revista Científica Semana Acadêmica*, 1(53), Recuperado em 06 de julho de 2014, de <https://semanaacademica.org.br/artigo/uso-da-tecnologia-java-no-desenvolvimento-de-um-software-para-controle-de-producao>
- Stair, R. M., & Reynolds, G. W. (2002). *Princípios de sistemas de informação: uma abordagem gerencial* (4. ed.). Rio de Janeiro: LTC.
- Stevenson, W. J. (2001). *Administração das operações de produção* (6. ed.). Rio de Janeiro: LTC.
- Tubino, D. F. (2009). *Planejamento e controle da produção: teoria e prática*. São Paulo: Atlas.
- Van Dijk, N., Haijema, R., Van Der Wal, J., & Sibinga, C. S. (2009). Blood platelet production: a novel approach for practical optimization. *Transfusion*, 49(3), 411-420. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1537-2995.2008.01996.x>. PMID:19170986.
- Werkema, M. C. C. (1995). *Ferramentas estatísticas básicas para o gerenciamento de processos*. Belo Horizonte: Fundação Christiano Ottoni, Escola de Engenharia da UFMG.
- Wild, T. (2002). *Best practice in inventory management* (2nd ed.). Woburn: Elsevier Science.