

APLICAÇÃO DE SIMULAÇÃO A EVENTOS DISCRETOS E LEAN HEALTHCARE EM UMA FARMÁCIA HOSPITALAR

Fernanda Rocha

Universidade Federal de Itajubá (UNIFEI)
Avenida BPS, 1303
fernandarocha@unifei.edu.br

José Antônio de Queiroz

Universidade Federal de Itajubá (UNIFEI)
Avenida BPS, 1303
ja.queiroz@unifei.edu.br

José Arnaldo Barra Montevechi

Universidade Federal de Itajubá (UNIFEI)
Avenida BPS, 1303
montevechi@unifei.edu.br

José Henrique de Freitas Gomes

Universidade Federal de Itajubá (UNIFEI)
Avenida BPS, 1303
ze_henriquefg@yahoo.com.br

RESUMO

A presente pesquisa aplicou a metodologia modelagem e simulação na análise da distribuição de medicamentos em um hospital para avaliar o impacto das alterações propostas pelo uso da técnica do *Lean - Value Stream Mapping* (VSM) sobre o número de prescrições atrasadas. Foi realizado um diagnóstico através do Mapa do Estado Atual para identificar os erros e desperdícios do processo e posteriormente, foram discutidas alterações através do Mapa do Estado Futuro, onde este é utilizado como cenário para análise de simulação. As alterações propostas foram o balanceamento da chegada das prescrições, eliminação das paradas não planejadas dos funcionários e abertura de um novo posto de trabalho. Para alcançar tais objetivos, os modelos conceitual e computacional foram validados através de consulta a especialistas, animação e comparação estatística com dados históricos. Analisando os relatórios obtidos com as replicações é possível compreender e quantificar o impacto dessas alterações sobre o processo.

**PALAVRAS CHAVE. Simulação, value stream mapping, hospital.
SA - PO na Área de Saúde, SIM – Simulação.**

ABSTRACT

This research applied the methodology in modeling and simulation analysis of the distribution of drugs in a hospital to evaluate the impact of proposed changes by using the technique of *Lean - Value Stream Mapping* (VSM) on the number of delayed prescriptions. The diagnosis was made through the Current State Map to identify errors and waste of the process and subsequently was discussed by Map Future State, where it is used as experiments for simulation analysis. The proposed changes were balancing the arrival of prescriptions, eliminating unplanned officials and opening a new job. To achieve these objectives, the computational and conceptual models were validated by system expert consultation, animation and statistical comparison with historical data. Analyzing the reports obtained through replications is possible to understand and quantify the impact of changes on the process.

KEYWORDS. Simulation, value stream mapping, hospital.

SA - OR in Health, SIM – Simulation.

1. Problema, objetivos e contribuições

Na administração de serviços de saúde fica cada vez mais evidente a necessidade de um acompanhamento rigoroso na utilização de recursos (ROBINSON, 2012). Portanto é importante analisar, também, as questões que fazem parte do dia-a-dia dos setores para identificar gargalos no processo e definir um modelo capaz de gerenciar as restrições.

Robinson *et al.* (2012) afirmam que para a melhoria de sistemas de saúde a simulação e lean funcionam em benefício mútuo, pois melhoram o impacto e engajamento de ambos, permitindo trabalhar em uma relação simbiótica.

O uso de simulação a eventos discretos para representar um sistema real de característica de alta criticidade possibilita estudar as mudanças sem que seja necessário construí-lo na realidade, economizando recursos e tempo e tornando, portanto, extremamente útil nesse contexto (JOHANSSON, 2002).

De acordo com Toussaint, Gerard e Adams (2012), os princípios *Lean* aplicados à saúde têm como estratégia priorizar os pacientes, identificando o que é valor para os mesmos, apontando e eliminando as causas-raiz dos desperdícios, isto é, daquilo que não agrega valor aos pacientes, e minimizar o tempo para realização dos processos.

Neste contexto, o objetivo geral deste trabalho é utilizar simulação a eventos discretos e os conceitos do *Lean* em serviços de saúde. Para tal, será necessário atingir os seguintes objetivos específicos: identificar como os desperdícios se manifestam nos serviços de saúde, como a técnica *Lean* do *Value Stream Mapping* (VSM) pode ser adaptada da manufatura (*Lean Manufacturing*) para os serviços de saúde (*Lean Healthcare*), verificar o impacto das mudanças do sistema sobre o processo estudado. O objeto de estudo será a farmácia de um hospital. O foco será a distribuição dos medicamentos aos pacientes internados. O problema a ser atacado é o atraso na medicação destes pacientes. A causa aparente é a demora na operação de montagem dos *kits* com os medicamentos. A causa-raiz é a falta de balanceamento desta operação. A contribuição esperada é reduzir ou eliminar os atrasos na medicação dos pacientes internados e, deste modo, contribuir com a recuperação dos mesmos, bem como a melhoria dos serviços prestados pela instituição e percebidos e valorizados por usuários, comunidade e fiscalização.

2.1. Introdução ao *Lean Manufacturing*

O livro “A máquina que mudou o mundo” introduziu a expressão “Produção Enxuta”, que foi uma das mais citadas nas publicações sobre gestão da produção na última década (HOLWEG, 2007, p.420). Segundo Bhasin e Burcher (2006), o livro “A máquina que mudou o mundo” é resultado das pesquisas realizadas pelo “*International Motor Vehicle Programme*” (IMVP), do *Massachusetts Institute of Technology* (MIT). No entanto, Hines, Holweg e Rich (2004) definem o Sistema Toyota de Produção como sendo o grande precursor e motivador da produção enxuta.

Rother e Shook (1999) classificam as atividades em três grandes grupos:

1. Atividades que efetivamente criam valor às empresas;
2. Atividades que não criam valor, mas que ainda são necessárias;
3. Atividades que não criam valor, e que também não são mais necessárias.

Para Rother e Shook (1999), o foco da produção enxuta são as atividades tipos 2 e 3. As atividades do tipo 3 não são mais necessárias e devem ser eliminadas imediatamente, enquanto que as atividades do tipo 2 devem ser eliminadas tão logo seja possível às empresas.

Ohno (1997), o criador do Sistema Toyota de Produção, propôs que os desperdícios, ou perdas, fossem classificados em sete grupos. O primeiro é o das perdas por superprodução por quantidade e/ou por antecipação, que segundo Ohno (1997), são as mais prejudiciais aos ambientes produtivos, uma vez que possuem a condição de provocar e esconder os outros seis desperdícios: espera dos lotes, dos processos de fabricação e/ou dos próprios operadores das máquinas; transporte das matérias-primas, dos materiais em elaboração e dos produtos acabados; processamento que aumenta os custos, mas não aumenta o valor oferecido aos clientes; estoques elevados de matérias-primas, materiais em elaboração e produtos acabados; movimentação desnecessária dos operadores na execução das atividades operacionais; fabricação de produtos não-conformes que implicam em maiores retrabalhos, sucatas e custos. Queiroz e Rentas (2010),

Demeter e Matyusz (2011), Eroglu e Hofer (2011) detalham os prejuízos causados aos sistemas produtivos pela superprodução e pelos demais desperdícios.

2.2. Do *Lean Manufacturing* ao *Lean Healthcare*

De acordo com Waring e Bishop (2010), aqueles governos que procuram reduzir os gastos com a saúde pública e, ao mesmo tempo, melhorar a qualidade dos serviços, têm procurado por filosofias administrativas que possam oferecer isto. Em consequência, a adaptação e a consequente aplicação das técnicas e ferramentas do *Lean Manufacturing* para a saúde, onde recebe a denominação de *Lean Healthcare*, tem se tornado uma atividade proeminente e o interesse internacional tem crescido. Exemplos disto são instituições dos Estados Unidos e do Reino Unido, tais como o *US Institute for Healthcare Improvement* e o *UK Institute for Innovation and Improvement*.

2.1.1. Identificação dos desperdícios no *Lean Healthcare*

Segundo Womack e Jones (2004), quando se trata de processos de natureza majoritariamente intangíveis e desordenados, como, por exemplo, aqueles ligados à saúde, a dificuldade em identificar os desperdícios se torna mais acentuada. Sendo assim, o primeiro objetivo específico deste trabalho é descrever como os sete desperdícios definidos por Ohno (1997) podem se manifestar em *Healthcare*. Os desperdícios são classificados em superprodução como pedir exames desnecessários para identificar doenças; espera, como por exemplo, espera por atendimento, por alta, por resultado de exames, por prescrições e por remédios; transporte como transferência de pacientes de uma enfermaria para outra, condução ou deslocamento dos pacientes ao longo dos corredores; processamento demais como questionar pacientes várias vezes por detalhes, gerar informações excessivas ou desnecessárias; inventário, por exemplo, suprimentos cirúrgicos em excesso, pacientes mantidos em internação desnecessariamente; movimentação, como funcionários andando demasiadamente a procura de anotações, equipamentos ou medicamentos; movimentos desnecessários causados por layout inadequado; defeitos como internar o paciente novamente por reações ou porque teve alta antes da hora certa; inspecionar tarefas já realizadas em busca de erros (LAREAU, 2002; RADNOR, HOLWEG e WARING, 2012; TOUSSAINT, GERARD e ADAMS, 2012).

2.1.2. Os benefícios gerados pela implementação do *Lean Healthcare*

O progresso adquirido com a implementação do *Lean Healthcare* tem deixado ambos os lados satisfeitos: pacientes e funcionários. Autores como Radnor, Howleg e Waring (2012) relatam que os benefícios são diversos, dentre eles, podem ser citados: a redução do tempo de espera, a melhora na qualidade dos serviços prestados, a remoção de processos duplicados, a maior organização do ambiente de trabalho, a melhora na motivação dos funcionários e a melhora na relação com os outros departamentos. Alguns trabalhos desenvolvidos na saúde foram aplicados nas áreas como gestão da enfermagem em um hospital da França com benefícios como melhora no ambiente de trabalho, funcionários mais focados e atentos às demandas dos pacientes, fácil visualização e resolução dos problemas pelos funcionários (BALLÉ, RÉGNIER, 2007); aplicação nos Estados Unidos em uma central de esterilização com a melhora do fluxo de trabalho modificado para diminuir etapas dos processos de coleta de instrumentos, detectar e corrigir falta de instrumentos necessários às atividades (KIMSEY, 2010); na Alemanha, no setor de aquisição de *stents* endovasculares, alcançando eliminação de cinco processos não agregadores de valor, redução de desperdícios com a utilização de um estoque em consignação operado pelo fornecedor (TEICHGRÄBER, BUCOURT, 2012); no Brasil, na lavanderia hospitalar foi possível padronizar processos, reduzir estoques, aumentar a produtividade, reduzir o *lead time* e reduzir custos (CUNHA, CAMPOS e RIFARACHI, 2011). Os bons resultados alcançados pelas diversas aplicações, em variados setores, de diferentes hospitais, reforçam a contribuição deste trabalho. De maneira complementar, as datas recentes de publicação dos artigos evidenciam a atualidade do assunto.

Contudo, apesar dos inúmeros benefícios observados nos estudos já realizados, colocar em prática o *Lean Healthcare* é uma tarefa complexa, pois muitas das técnicas existentes foram desenvolvidas com foco nos problemas encontrados na manufatura (RADNOR, HOWLEG e WARING, 2012). Sendo assim, o segundo objetivo específico deste trabalho é descrever como a técnicas *Lean* do *Value Stream Mapping* (VSM) pode ser adaptada da manufatura (*Lean Manufacturing*) para os serviços de saúde (*Lean Healthcare*).

2.3. Implantação do *Lean Healthcare*: a técnica do *Value Stream Mapping* (VSM)

De acordo com Rother e Shook (1999), o que se quer dizer por VSM é simples: siga a trilha da fabricação de uma família de produtos, dos consumidores até os fornecedores, e desenhe os diferentes processos produtivos nos fluxos de materiais e de informações. Em seguida, formule um conjunto de questões-chave alinhadas aos princípios enxutos. Para finalizar, mediante às respostas dadas às questões-chave formuladas, desenhe um mapa do estado futuro mostrando como o valor deve fluir nas empresas enxutas. Desta maneira, pode-se afirmar que o VSM é uma ferramenta que deve ser utilizada na busca de melhorias sistemáticas e permanentes que eliminem não somente os desperdícios, mas, principalmente, as suas causas-raízes. A primeira etapa de aplicação do VSM é selecionar uma família de produtos (produtos que passam basicamente pelos mesmos processos, máquinas e/ou atividades). A segunda e terceira etapas são paralelas e consistem em desenhar os mapas dos estados atual e futuro a partir da coleta de dados no “chão-de-fábrica” e das respostas dadas às oito questões-chave. A quarta etapa consiste em preparar um plano de implementação.

As questões-chaves para o desenho do mapa do estado futuro são discutidas a seguir:

1ª) Qual é o *Takt Time* que alinhará a produção à demanda?

O objetivo é atender à demanda sem gerar superprodução por quantidade e/ou por antecipação. O *Takt Time* é calculado dividindo-se o tempo disponível por turno pela demanda em unidades por turno. Um exemplo em *Healthcare*: considere o setor de esterilização de conjuntos de instrumentos cirúrgicos, onde o tempo disponível é de 28.800 [s/turno] e a demanda é de 20 [conjuntos/turno]. Nestas condições, o *Takt Time* será de 1.440 [s/conjunto]. Isto significa que para atender a demanda sem gerar atrasos (neste caso o problema são os atrasos e não a superprodução), deve-se esterilizar e disponibilizar um conjunto a cada 1.440 [s] (ou a cada 24 minutos). Uma pergunta inicial, que deve ser respondida neste momento, é a seguinte: há capacidade suficiente? E outra pergunta subsequente, e ainda mais importante é: constatando-se a falta de capacidade, quais as causas-raiz – falta de balanceamento, de equipamentos, de funcionários, ...?

2ª) Produzir para um supermercado de produtos acabados ou para a expedição?

Para o exemplo do setor de esterilização de conjuntos de instrumentos cirúrgicos, também é indicado a produção para supermercados. Ou seja, os conjuntos devem ser esterilizados, tão logo tenham acabados de ser utilizados, e, imediatamente ao término da esterilização, devem ser recolocados à disposição para reutilização. Produzir à contra-pedido, ou seja, iniciar a esterilização dos conjuntos somente quando necessário para utilização, não faz sentido, embora esta situação não seja uma raridade nos ambientes hospitalares, fazendo com que um centro cirúrgico recorra a outro dentro do mesmo hospital para obter conjuntos esterilizados.

3ª) Onde será possível estabelecer fluxos contínuos?

Volte ao exemplo do setor de esterilização de conjuntos de instrumentos cirúrgicos, e considere que a esterilização seja precedida da atividade de separação e colocação dos instrumentos em caixas ou envelopes. O executor desta atividade pode, hipoteticamente, reservar as manhãs para fazer as separações e colocações dos instrumentos nas caixas ou envelopes e, somente ao término, transferir todos os conjuntos para os equipamentos de esterilização. Porém, há a possibilidade, alternativamente, de o executor estabelecer um fluxo contínuo e unitário dos conjuntos entre as atividades, uma condição de trabalho mais eficiente e indicada.

4ª) Onde será necessário instalar sistemas puxados?

No exemplo do setor de esterilização de conjuntos de instrumentos cirúrgicos, o problema não é a superprodução, mas sim, a garantia de que os conjuntos estarão disponíveis para

utilização na quantidade e no momento necessário. Sendo assim, além de produzir de acordo com o *Takt Time* e para supermercados, como proposto e explicado nas respostas às questões-chave 1 e 2, deve-se criar outros mecanismos que subordinem a produção à demanda, no caso do *Manufacturing*, e a produção (esterilização dos conjuntos) à necessidade (conjuntos esterilizados disponíveis para utilização), no caso do *Healthcare*.

5ª) Qual deverá ser o único ponto no fluxo de valor a ser programado?

O objetivo é programar um só ponto no fluxo de valor, da matéria-prima ao produto acabado. Este único ponto definirá e programará o ritmo da produção para os processos anteriores. Mas para que a programação da produção em um só ponto no fluxo de valor seja possível, será necessário que as transferências de materiais após tal ponto ocorrerem em fluxo contínuo. No exemplo do setor de esterilização de conjuntos de instrumentos cirúrgicos, caso seja possível estabelecer um fluxo contínuo entre as atividades, o processo puxador será a célula (fluxo) composta pelas atividades (1) separação e embalagem e (2) esterilização, pois, nesta situação, a atividade separação e embalagem (1) estarão transferindo os conjuntos continuamente, um a um, para a atividade esterilização (2). Do contrário, ou seja, se for necessário estabelecer um sistema puxado entre as atividades, o processo puxador será a esterilização, pois, nesta situação, a atividade separação e embalagem (1) estarão transferindo os conjuntos em lotes para a atividade esterilização (2). Neste momento, caso haja dúvidas conceituais, deve-se retornar às questões-chave 3 e 4, sobre fluxos contínuos e sistemas puxados, respectivamente.

6ª) Como nivelar o *mix* (ou variedade) de produção no processo puxador?

No exemplo do setor de esterilização de conjuntos de instrumentos cirúrgicos, considere que existem três diferentes conjuntos para diferentes tipos de intervenções cirúrgicas. Nesta situação, recomenda-se que seja feita a esterilização intercalada dos diferentes conjuntos, ou seja, esteriliza-se uma pequena quantidade de conjuntos do tipo um, depois uma pequena quantidade de conjuntos do tipo 2 e, fechando o primeiro ciclo, uma pequena quantidade de conjuntos do tipo 3. Em seguida, repete-se o ciclo, até que todos os conjuntos estejam esterilizados. Tal procedimento melhora a disponibilidade de diferentes conjuntos para diferentes intervenções cirúrgicas. Observe que esta etapa restringe-se somente ao nivelamento do *mix* (ou variedade), não abrangendo, portanto, a especificação do número exato de conjuntos a ser esterilizados por vez e por tipo. Tal especificação será realizada na próxima etapa, que tratará do nivelamento do volume (ou quantidade).

7ª) Como nivelar o volume (ou quantidade) de produção no processo puxador?

Outro exemplo em *Healthcare*, é o do setor de pré-atendimento. Considere que neste setor existem enfermeiras responsáveis pelas aferições de pressão arterial e temperatura dos pacientes, antes que estes sejam encaminhados aos consultórios dos especialistas: ortopedista, cardiologista e gastroenterologista. Embora a ordem de chegada dos pacientes deva ser respeitada, na medida do possível, é necessário que as enfermeiras do setor de pré-atendimento liberem pequenas quantidades de pacientes para cada especialidade, de modo que não haja sobrecarga de uns e ociosidade de outros.

8ª) Onde será necessário aplicar Eventos *kaizens*?

O objetivo é melhorar uma operação pela eliminação dos desperdícios e pela criação de valor. Este é o momento para registrar as melhorias necessárias para o fluxo de valor funcionar. Ou seja, para se sair do estado atual e atingir o estado futuro.

3. Simulação

3.1. Simulação na área de saúde

A simulação a eventos discretos é amplamente relatada na literatura na área de saúde, desde o início de 1990 e tem havido um enorme aumento do número de artigos que estão sendo publicados (BRAILSFORD *et al.*, 2009a). Tem sido utilizada para melhorar a compreensão da relação entre causa e efeito, compreensão do sistema, facilitar a alocação de recursos (EVERETT, 2002), trazendo benefícios como redução dos riscos para alterações de processos, redução de custos e tempo de espera, aumento da satisfação do cliente (HOLLOCKS, 2004). Hospitais são sistemas que envolvem alta complexidade, devido ao grande número de variáveis

associadas aos processos que devem ser realizados (BORBA, 1998; KLEN *et al.*, 2008). Já que a principal utilização de simulação é em processos de modelos que estão sujeitos à variabilidade e que são interligados, o que leva a complexidade (ROBINSON, 2006), a simulação a eventos discretos tem sido apontada como uma ferramenta importante para analisar e resolver problemas complexos de processamento, como as atendidas na área da saúde. (LAWRENCE, 2003).

3.2. Simulação a eventos discretos e Lean

Segundo Jahangirian *et al.* (2010) há uma limitação de trabalhos utilizando simulação e lean em conjunto. A simulação vem sendo utilizada para aprendizagem sobre os princípios lean, para explorar o impacto das estratégias do lean, bem como um meio para a compreensão das vantagens dos conceitos lean (FREDENHALL *et al.*, 2010; SHANNON *et al.*, 2010; DETTY E YINGLING, 2000). No âmbito da saúde, a simulação teve utilização como um meio para determinar os benefícios do *lean* (YOUNG *et al.*, 2004) e para investigar o impacto das melhorias *lean* em um departamento de emergência (KHURMA *et al.*, 2008).

De acordo com Robinson (2012) simulação e *lean* são metodologias complementares que possuem motivação semelhante, ou seja, melhoria de processos e prestação de serviços. Portanto, a utilização de simulação e *lean*, dará base para a tomada de decisão consciente e consistente, pois a aplicação dos conceitos *lean* torna as empresas mais organizadas e competitivas e o uso da simulação permite a visualização das implicações de mudanças nos processos, sem, contudo alterar a realidade do sistema; o mapeamento do fluxo de valor utiliza dados instantâneos, o que não assegura uma representação confiável, já a simulação possui a vantagem do tratamento estocástico das variáveis de processo (OLIVEIRA, 2008).

4. Metodologia de pesquisa

Neste trabalho os experimentos serão realizados por meio de simulação, conforme proposto por Montevechi *et al.*, (2010), que se divide em concepção (modelo conceitual) com definição do sistema, construção e validação do modelo conceitual, modelagem dos dados de entrada; implementação (modelo computacional) seguido da construção, verificação e validação do modelo computacional; e por fim análise (modelo operacional), com a definição do projeto experimental, execução dos experimentos, análises estatísticas, conclusões e recomendações. O modelo conceitual foi adotado a técnica IDEF-SIM, que de acordo com Leal *et al.* (2008) apresenta uma lógica de aplicação voltada para simulação a eventos discretos, facilitando a construção do modelo computacional. O modelo computacional foi construído utilizando o *software* ProModel®, por proporcionar fácil visualização do sistema através de animação. As informações requeridas a partir do modelo foram definidas como: tempo de triagem, tempo de separação/armazenagem, número de postos, período de chegada das prescrições e número de prescrições atrasadas para validação. Após a validação é possível prosseguir para a análise.

5. Concepção

5.1. Objetivos

Sistemas de saúde são sistemas dinâmicos e de grande complexidade e variabilidade, onde processos diferentes têm forte influência uns sobre os outros, tornando a análise do mesmo extremamente difícil e demorada. Considerando este contexto, a simulação computacional torna-se uma ferramenta bastante útil.

Assim, o presente trabalho tem como objetivo aplicar a simulação a eventos discretos na análise da distribuição de medicamentos de um Hospital Escola. Este objetivo pode ser dividido nos seguintes objetivos específicos: (1) mapear o fluxo de valor para identificar valor e desperdício; (2) elaborar e utilizar o mapa do estado futuro do processo como cenário da simulação; (3) verificar o impacto das mudanças do sistema sobre o número de prescrições atrasadas.

5.2. Definição do sistema

Foi escolhido o sistema individual de distribuição de medicamentos de um hospital. Neste

sistema, os pedidos de medicamentos são feitos especificamente para cada paciente (24 horas), de acordo com a segunda via da prescrição médica. É um sistema orientado para a Farmácia, que busca um melhor controle de medicamentos que atende 8 setores do hospital (UTI, UTI Neonatal, Particular, Maternidade, Pediatria, Pronto Socorro, Clínica Cirúrgica e Clínica Médica), totalizando 152 leitos disponíveis.

Diariamente, os médicos de cada setor realizam as visitas, discutem os casos, determinam o melhor tratamento e, por fim, elaboram a prescrição médica para cada paciente. As visitas são feitas na parte da manhã, normalmente elas ocorrem em horários variados, devido a questões como: emergência e procedimentos mais demorados do que o previsto.

As escriturárias de cada setor recolhem as prescrições feitas diariamente pelos médicos e levam a segunda via das prescrições até a farmácia para a separação do medicamento. Elas são responsáveis também pelas atividades burocráticas, pela solicitação de abastecimento de material, pelas atividades suportes, como coleta de medicamentos urgentes. Na farmácia, o processo é composto por: triagem, separação e armazenagem.

A triagem é uma etapa onde as prescrições recebidas são organizadas por ordem de chegada e lançadas no sistema. Uma vez lançadas no sistema, gera-se a etiqueta de cada prescrição para identificação dos pacientes e seus respectivos setores de internação. Separação e armazenagem: a etapa de separação consiste em separar os medicamentos de acordo com a prescrição médica, por horário, em sacos plásticos individuais, chamados de kits, devidamente identificados com os dados do paciente. A armazenagem consiste em estocar os kits de medicamento em caixas para serem enviados aos setores. Uma vez que o tempo gasto na armazenagem é pequeno e estas atividades são realizadas pelo mesmo funcionário, ambas foram analisadas em conjunto.

Assim, será simulado o processo desde a entrada das prescrições até a saída dos medicamentos da farmácia.

5.3. Construção e validação do modelo conceitual

Um projeto de simulação deve ser iniciado com a definição clara do sistema a ser simulado. Autores como Chwif; Medina (2007), Law (1991) e Robinson (2006) acreditam que a criação do modelo conceitual é o aspecto mais importante no desenvolvimento de um modelo de simulação. Portanto, para a construção do modelo conceitual foi utilizado a técnica IDEF-SIM.

O modelo conceitual foi validado através da técnica face-a-face, citada por Sargent (2011). Para isso, o modelo conceitual foi mostrado à gerente da farmácia e à Diretora de enfermagem do hospital, especialistas do sistema.

5.4. Modelagem dos dados de entrada

Segundo Montevechi *et al.* (2010), esta etapa é composta por três passos: coleta dos dados, tratamento dos dados e inferência estatística.

5.4.1. Coleta de dados

A coleta de dados teve início com a realização de uma entrevista com a gerente da farmácia e outra com a enfermeira chefe. Foram realizados ainda contatos via e-mail, conversas com os funcionários e consulta a documentos. Foram feitas observações e identificações dos dados relevantes para o modelo, com observação dos pontos de triagem e separação para leitura correta dos dados coletados. Em seguida, foram cronometrados os tempos de triagem, separação/armazenagem e paradas dos funcionários e coletados os dados da chegada das prescrições na farmácia, ocorrência das prescrições, e número de prescrições atrasadas.

5.4.2. Tratamento dos dados e inferência estatística

Para tratamento dos dados foi usado o *software* Minitab®, segundo os seguintes passos:

1. Análise preliminar dos dados: foi realizado para identificar possíveis falhas de cronometragem, erros no registro de dados pelos funcionários. Os dados identificados como inconsistentes foram desconsiderados no estudo.

2. Análise dos *outliers*: devido à alta variabilidade inerente ao sistema de saúde estudado não foram retirados *outliers*.

3. Análise de distribuição: foram testadas as curvas às quais os dados poderiam se encaixar. Com estes testes foi possível verificar que todos os dados coletados se encaixam em uma distribuição normal e em seguida foi feito um teste de normalidade para confirmação.

4. Análise de confiabilidade das amostras.

Para esse cálculo foi utilizada a Eq. (1) retirada de Morettin; Bussab (2010):

$$n = \left(\frac{Z.S}{e}\right)^2 \quad (1)$$

onde:

n = número de amostras coletadas; Z = número de desvios em uma normal para obter a confiabilidade necessária; S = desvio padrão; e = máximo erro absoluto aceitável

Adotando um erro relativo de 10% e confiabilidade de 95%, foi possível verificar que a quantidade de amostras obtidas era suficiente para a simulação, mostrada na tabela 1.

Tabela 1 - Dados coletados

| Dados | Amostras coletadas | Amostras necessárias | Curva | P-value | Média | Desvio Padrão | Objetivo |
|------------------------|--------------------|----------------------|--------|---------|--------|---------------|------------------|
| Tempo de triagem | 60 | 5 | Normal | 0,083 | 50,02 | 6,43 | Dado de entrada |
| Tempo de separação | 60 | 6 | Normal | 0,117 | 598,70 | 165,20 | Dado de entrada |
| Ocorrência prescrições | 60 | 29 | Normal | 0,497 | 115,70 | 6,47 | Dado de entrada |
| Parada funcionários | 30 | 8 | Normal | 0,590 | 221,80 | 32,76 | Dado de entrada |
| Prescrições atrasadas | 30 | 29 | Normal | 0,593 | 22,87 | 6,29 | Validação modelo |

6. Implementação

6.1. Construção do modelo computacional

Para a construção do modelo computacional utilizou-se o *software* ProModel® e os seguintes elementos identificados a seguir: locais, entidades, distribuição de usuário, atributos, redes de caminho, turnos de recursos e locais, chegadas, ciclos de chegada, recursos, processos, variáveis e macros.

6.2. Verificação e validação do modelo computacional

A validação do modelo computacional é o processo de determinar se o modelo de simulação é uma representação exata do sistema, para os objetivos particulares do estudo (LAW, 2006). Desta forma, se o modelo não é uma aproximação do sistema real, todas as conclusões derivadas desse estarão sujeitas a erros. Entre as diversas técnicas citadas por Sargent (2011), foi adotada neste trabalho a técnica de validação estatística através de dados históricos, que consiste em utilizar parte dos dados coletados para testar estatisticamente se o modelo se comporta como o sistema, o que pode ser feito, através de teste de hipóteses para comparar médias, variâncias, distribuições e séries de tempo.

Neste trabalho, a validação estatística foi realizada através do teste *2-Sample-t* para os dados de quantidade de prescrições atrasadas no dia, utilizando o *software* Minitab®. De acordo com o teste, obteve-se um *p-value* de 0,718, ou seja, aceita-se com 95% de confiança a hipótese de que os dados obtidos através da simulação são equivalentes aos dados reais.

7. Análise

7.1. Definição do cenário e número de replicações

Visto que no processo analisado há frequentes atrasos na distribuição de medicamentos aos pacientes, torna-se importante analisar o impacto de alterações sobre o mesmo. Por isso, foi definido neste trabalho um cenário baseado no mapa do estado futuro, figura 1.

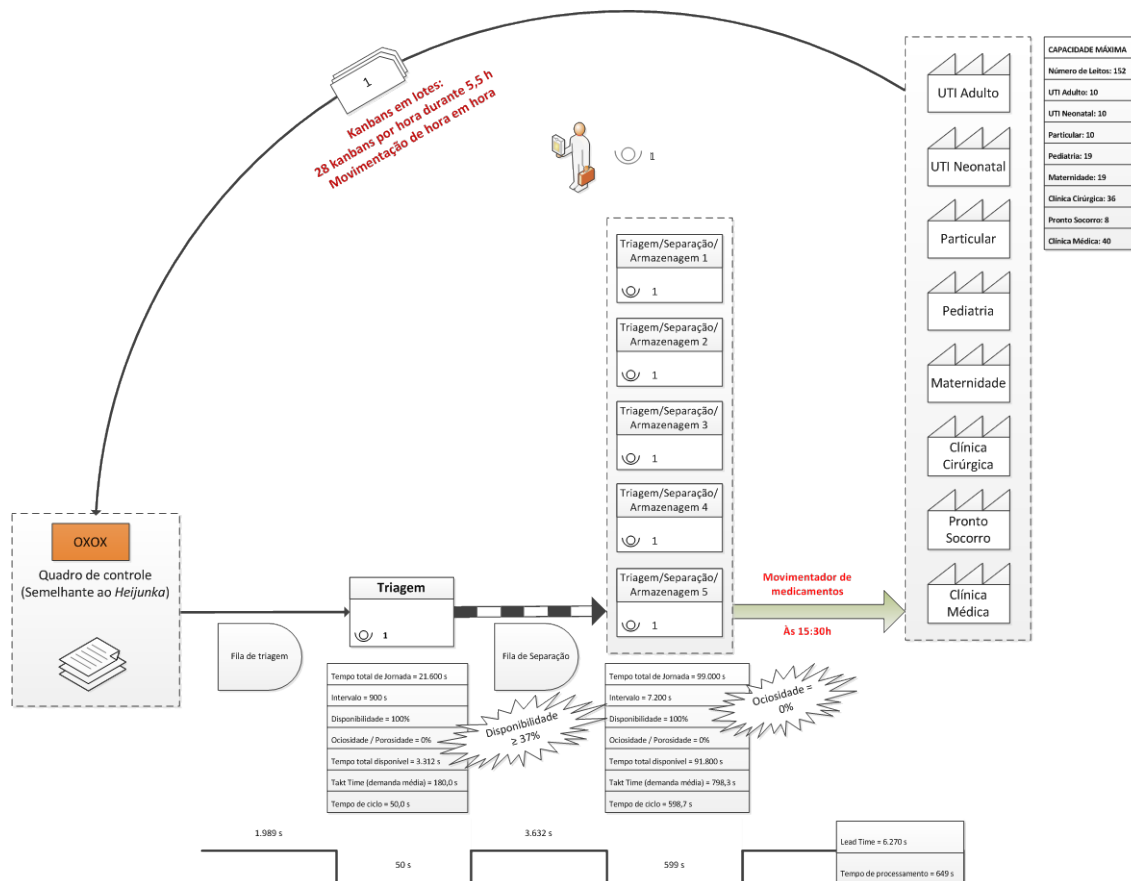


Figura 1 – Mapa do Estado Futuro

Foram propostas alterações que deveriam ser realizadas para o fluxo de valor no seu estado futuro funcionar. Respondendo às questões-chave, verificou-se que o tempo de ciclo do fluxo é superior ao *takt time*, o que impede, na situação atual, que se atenda à demanda adequadamente até às 15:30h. Sendo assim, foi proposto, para a situação futura, reduzir a porosidade (parada não programada) dos funcionários, visto que a mesma era elevada. Com isto, o tempo disponível aumentaria e o *takt time* diminuiria.

Na situação atual, a coleta e entrega das prescrições é realizada pelas escriturárias nos intervalos de outras atividades que elas executam, sem controle algum, o que dificulta qualquer tentativa de nivelamento do volume de produção. No entanto, foi observado que o funcionário da farmácia responsável pelo transporte apresenta ociosidade. Assim, definiu-se que esse fluxo fosse conduzido por ele. Foi recomendado que o movimentador passasse a ser o responsável pela coleta e entrega das prescrições e que fosse feita a instalação de um quadro de acompanhamento na farmácia, possibilitando, portanto o balanceamento da chegada das prescrições na farmácia. Estes ajustes possibilitariam a redução da ociosidade do setor.

Para garantir que o nivelamento ocorresse efetivamente, foi implementado um quadro de acompanhamento na farmácia, por meio do qual, de hora em hora, o movimentador e demais funcionários pudessem controlar a produção realizada e a realizar, bem como no caso de atrasos, detectar os mesmos em tempo hábil, tomando ações corretivas e garantindo a entrega de todos os *kits* montados às 15:30h.

Porém para atender a demanda média de prescrições processadas, que está diretamente ligada a quantidade de leitos ocupados ainda será necessária a abertura de um quinto posto. Portanto para a demanda, será considerada a capacidade média de ocupação de 115 leitos, já que a probabilidade de ocorrer uma ocupação máxima no hospital, 152 leitos, é e apenas 1%, esse resultado foi obtido a partir da utilização do *software* Minitab®, através da ferramenta distribuição de probabilidade utilizando os dados coletados, média 115,7 e desvio padrão 6,468.

Para definir o número de replicações necessárias, foram feitas inicialmente 100 replicações do modelo computacional original. Os dados obtidos para o número de prescrições atrasadas por dia (informação que se deseja avaliar) foram inseridos no Minitab®, onde foi possível identificar que os dados se encaixavam em uma distribuição normal, com média de 17,56 e desvio padrão de 6,64. A partir da Eq. (2), foi calculado o número de replicações necessárias para o modelo. Considerando a precisão de 1 unidade de prescrição, obteve-se o valor de 169 replicações.

$$h = t_{n-1, \alpha/2} \times \frac{S}{\sqrt{n}} \quad (2)$$

Onde: h = precisão desejada; S = desvio padrão; n = número de amostras necessárias;
 $t_{n-1, \alpha/2}$ = valor obtido da tabela de distribuição t.

7.2. Execução das replicações e análise dos cenários

No cenário simulado foi ajustado o modelo incluindo as modificações propostas pelo mapeamento *lean* obtido através do mapa do estado futuro.

Tabela 2 – Comparação dos resultados dos cenários da simulação

| Cenário | Replicação | Nome | Valor Mínimo | Valor Máximo | Valor Atual |
|--------------------------------|------------|-------------------------|--------------|--------------|-------------|
| Baseline – demanda média | Média | n prescrições atrasadas | 0,00 | 17,45 | 17,45 |
| Demanda média – alteraçõesLean | Média | n prescrições atrasadas | 0,00 | 0,00 | 0,00 |

Este resultado apresentado na tabela 2 mostra que o cenário proposto utilizando os conceitos do lean, através do mapa do estado futuro, é suficiente para atender as necessidades do hospital com ocupação média já que zera o número de prescrições atrasadas, ou seja, todos os pacientes são atendidos no horário correto, recebendo os medicamentos de acordo com a prescrição médica.

Por fim foi utilizada a ferramenta DOE para organizar a etapa experimental do modelo de simulação. Deste modo, para confecção da matriz experimental foram estabelecidos dois níveis. Esses três fatores saem do seu estado atual (nível-) para o estado de melhoria (nível+), totalizando 8 experimentos que foram replicados 5 vezes cada. Para tal experimento foi considerado uma matriz experimental do tipo 2^K , onde K são os números de fatores. Em seguida foi feita a validação dos resíduos dos experimentos, para o qual foi utilizado o *software* Minitab®. Foi testado que os resíduos são normalmente distribuídos e verificados a independência dos mesmos. Tendo verificado a validade dos resíduos é possível analisar os resultados do DOE. De acordo com a figura 2, que traz a análise dos efeitos principais para cada fator, e a figura 3, com o gráfico de Pareto com o peso dos maiores efeitos dos fatores e suas interações sobre a diminuição do número de prescrições atrasadas. Analisando os mesmos é possível notar que os três fatores possuem efeitos significativos. Observa-se que o fator B, abertura de um posto de trabalho é o que possui maior importância relativa sobre a diminuição de prescrições atrasadas. Em seguida vem o fator C, eliminação da porosidade dos funcionários.

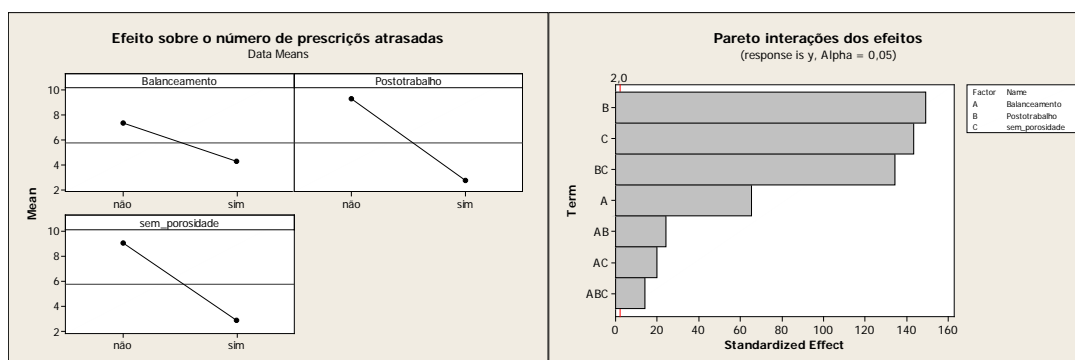


Figura 2 – Efeito das alterações propostas

Figura 3 – Ordenação dos fatores interações

8. Considerações finais

Nesta aplicação foi utilizada simulação a eventos para analisar o sistema de distribuição de medicamentos de um hospital e o impacto das alterações propostas pelo *Lean*. O modelo conceitual foi validado através de consulta à especialistas do sistema, enquanto o modelo computacional foi validado através de animação e comparação estatística com dados históricos. Analisando os relatórios do *ProModel*[®] obtidos com as replicações, é possível concluir que situação em que a farmácia se encontra atualmente, não é possível atender as necessidades dos setores do hospital, o que foi constatado no sistema real durante a coleta de dados. Desta forma, sugere-se a implementação de melhorias baseadas no conceito *Lean* para ajudar a melhorar o fluxo de separação, aumentando a agregação de valor nos processos. Para que esses objetivos fossem cumpridos foi necessário compreender profundamente o sistema. No entanto, por ser o ambiente hospitalar um sistema complexo, inúmeras são as dificuldades encontradas ao estudá-lo, seja por falta de visibilidade ao longo da cadeia de valor ou pela falta de ferramentas adequadas para criar esta visibilidade. A técnica do *Value Stream Mapping*, uma das inúmeras e das mais importantes ferramentas da produção enxuta, é de extrema utilidade para identificar cada tarefa necessária para fazer um produto ou serviço à medida que ela avança ao longo da organização. Ao documentar e analisar cuidadosamente cada passo dado foi possível apontar com exatidão valor e desperdício.

Constatada a existência de desperdícios e elevados número de prescrições atrasadas, através do Mapa do Estado Atual, procurou-se os pontos nos quais se poderia atuar. Foi elaborado o Mapa do Estado Futuro. Com as alterações propostas e modificações feitas no modelo computacional, foi possível verificar que após o balanceamento da chegada das prescrições, eliminação da porosidade e abertura de um novo posto de trabalho o sistema atende a demanda de pacientes do hospital. Cabe ressaltar que este trabalho teve como foco os pacientes e a melhoria do seu tratamento ao possibilitar a administração dos medicamentos no horário correto. Deste modo, como suas necessidades foram atendidas, acredita-se que os objetivos propostos neste trabalho foram cumpridos. Além disso, através desta aplicação, os funcionários e gerente da farmácia compreenderam melhor o sistema, puderam perceber os constantes atrasos, de modo que estes pudessem ser corrigidos a tempo para atender à demanda, bem como entenderam a importância da participação dos funcionários, do apoio da gerência e do envolvimento dos demais setores do hospital para alcançar os resultados esperados.

Agradecimentos

À CAPES, CNPq e FAPEMIG pelo apoio financeiro no decorrer desta pesquisa.

Referências

- Bhasin, S., Burcher, P. (2006), *Lean viewed as a philosophy*. Journal of Manufacturing Technology Management, 17(1):56-72.
- BRAILSFORD, S.C. *et al* (2009a), *An analysis of the academic literature on simulation and modelling in health care*. Journal of Simulation 3(3), 130–140.

- BORBA, G. S. Desenvolvimento de uma abordagem para a inserção da simulação no setor hospitalar de Porto Alegre. Dissertação Mestrado UFRGS. Porto Alegre/RS: 1998.
- CHWIF, L.; MEDINA, A.C. *Análise e Simulação de Eventos Discretos*. São Paulo: 2007.
- DEMETER, K., MATYUSZ, Z. (2011), The impact of Lean practices on inventory turnover. *International Journal of Production Economics*, 133(1):154-163.
- EROGLU, C., HOFER, C. (2011). Lean, Leaner, Too Lean? The inventory – performance link revisited, *Journal of Operations Management* 29 (4), 356 – 369.
- DETTY, R.B., YINGLING, J.C. (2000). Quantifying benefits of conversion to lean manufacturing with discrete event simulation: A case study. *International Journal of Production Research* 38 (2), 429–445.
- EVERETT, J. E. A decision support simulation model for the management of an elective surgery waiting system. *Health Care Manag. Sci.* 5(2):89–95, 2002.
- FREDENDALL, L.D., OJHA, D., PATTERSON, J.W., (2010), Concerning the theory of workload control. *European Journal of Operational Research* 201, 99–111.
- HINES, P., HOLWEG, M., RICH, N. (2004), Learning to evolve: a review of contemporary Lean Thinking. *International Journal of Operations & Production Management* 24(10):994-1011.
- HOLLOCKS, B. (2004), *Do we have too narrow a view of simulation? Observations on simulation as part of knowledge management*. OR Society Simulation Workshop.
- HOLWEG, M. (2007), The genealogy of Lean production. *J OPER MANAG*, 25(2):420-437.
- JAHANGIRIAN, M., *et al* (2010). Simulation in manufacturing and business: A review. *European Journal of Operational Research* 203, 1–13.
- KLEN, A. M. *et al*. A utilização da simulação em gestão hospitalar: aplicação de um modelo computacional em um centro de imobilizações ortopédicas. *Anais do XXVIII ENEGEP*, 2008.
- KHURMA, N., BACIOIU, G.M., PASEK, Z.J., (2008). Simulation-based verification of lean improvement for emergency room process. *Winter Simulation Conference*. IEEE, Piscataway, NJ, pp. 1490-1499, 2008.
- LAWRENCE, P.J. (2003), The multiple roles of discrete event simulation in the workplace, *Global Journal Of Engineering Education*, 7 (2), pp. 165-172.
- LAW, A. (1991), Simulation model's level of detail determines effectiveness. *IND ENG*, 23 (10), 16-18.
- LAW, A.M. How to build valid and credible simulation models. In: *Winter Simulation Conference*, Monterey/USA, 2006.
- LEAL, F.; ALMEIDA, D.A.; MONTEVECHI, J.A.B. Uma proposta de técnica de modelagem conceitual para a simulação através de elementos do IDEF. In: *Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional, XL*, João Pessoa, PB, 2008. *Anais do XL Simpósio Brasileira de Pesquisa Operacional*, 2008.
- MONTEVECHI, J. A. B. *et al*. Conceptual modeling in simulation projects by mean adapted IDEF: an application in a Brazilian tech company. In: *Winter Simulation Conference*, Baltimore/USA, 2010.
- MORETTIN, P.A.; BUSSAB, W.O. *Estatística Básica*. 6. ed. São Paulo: Editora Saraiva, 2010.
- OHNO, T. *O Sistema Toyota de Produção – além da produção em larga escala*. Porto Alegre: Buckman Companhia Editora, 1997.
- OLIVEIRA, C.S.(2008), *Aplicação de técnicas de simulação em projetos de manufatura enxuta*. *Estudos Tecnológicos*, 4, (3) 204-217.
- QUEIROZ, J. A., RENTES, A. F. (2010), Contabilidade de custos versus contabilidade de ganhos: respostas às exigências da produção enxuta. *Gestão e Produção*, 17(2):377-388.
- ROBINSON, S. *et al*. (2012), *SimLean: Utilising simulation in the implementation of lean in healthcare*. *European Journal of Operational Research* 219, 188–197.
- ROBINSON, S. Conceptual modeling for simulation: issues and research and requirements. In: *Winter Simulation Conference*, 2006, Monterey/USA, Proceedings of..., 2006.
- ROTHER, M.; SHOOK, J. *Aprendendo a enxergar: mapeando o fluxo de valor para agregar valor e eliminar o desperdício*. São Paulo: Lean Institute Brasil; 1999.
- SARGENT, R. G. Verification and validation of simulation models. In: *Winter Simulation Conference*, 2011, Atlanta/USA, Proceedings of..., 2011.
- SHANNON, P.W., KRUMWIDE, K.R., STREET, J.N., (2010). *Using simulation to explore lean manufacturing implementation strategies*. *Journal of Management Education* 34 (2), 280–302.
- YOUNG, T., BRAILSFORD, S., CONNELL, C., DAVIES, R., HARPER, P., KLEIN, J.H., (2004). Using industrial processes to improve patient care. *British Medical Journal* 328, 162–164.