

Recebido em: 23 de dezembro de 2017

Aprovado em: 07 de junho de 2018

Sistema de Avaliação: Double Blind Review

RGD | v. 16 | n. 1 | p. 129-151 | jan./abr. 2019

DOI: <https://doi.org/10.25112/rgd.v16i1.1708>

E-mail do contato principal: steffan_m_w@yahoo.com.br

ANÁLISE DA IMPLEMENTAÇÃO DE SISTEMAS INTELIGENTES PARA A GESTÃO DA ALTA HOSPITALAR

ANALYSIS OF THE IMPLEMENTATION OF INTELLIGENT
SYSTEMS FOR HOSPITAL DISCHARGE MANAGEMENT

Steffan Macali Werner

Doutorando em Engenharia de Produção (Universidade Federal de Santa Catarina/Brail).

Enzo Morosini Frazzon

Professor no Departamento de Engenharia de Produção (Universidade Federal de Santa Catarina/Brasil).

Fernando Antônio Forcellini

Professor no Departamento de Engenharia Mecânica (Universidade Federal de Santa Catarina/Brasil).

RESUMO

A necessidade de alcançar uma maior eficiência na utilização dos recursos hospitalares torna necessária a sincronização dos processos internos. Para tanto, é essencial a aproximação entre os fluxos físicos e de informação envolvidos nos processos, como, por exemplo, a gestão da alta hospitalar. Essa aproximação é apoiada pela difusão de Tecnologias da Informação e pela contínua adoção dos conceitos de Sistemas Ciber-Físicos. Neste contexto, o presente artigo tem por objetivo propor e analisar políticas de sincronização dos processos internos de gestão da alta hospitalar, por meio da adoção de Sistemas Ciber-Físicos inteligentes. Para isto, após realizar uma proposição do estado futuro almejado, um modelo de simulação foi construído para apoiar sua comparação com o estado atual do processo. Assim, foi possível evidenciar possíveis ganhos de eficiência na utilização dos recursos hospitalares, bem como redução do tempo de permanência dos pacientes.

Palavras-chave: Alta hospitalar. Gestão hospitalar. CPS - Cyber-Physical Systems. Simulação. Sincronização.

ABSTRACT

The need for better utilization of hospital instigates the synchronization of internal processes. For that, it is essential to approximate the physical and information flows involved in the processes, such as hospital discharge management. This approach is supported by the diffusion of information technologies and by the continuous adoption of the concepts of Cyber-Physical Systems. In this context, the aim of this article is to propose and analyze new policies for synchronization of internal hospital discharge processes management, made possible by the adoption of intelligent Cyber-Physical Systems. To this, a simulation model was elaborated to support its comparison with the current state of the process. Thus, it was possible to show possible gains in efficiency in the use of hospital resources, as well as reduction of patients' time of permanence.

Keywords: Hospital discharge. Hospital management. CPS - Cyber-Physical Systems. Simulation. Synchronization.

1 INTRODUÇÃO

Com a necessidade de alcançar uma maior eficiência na utilização dos recursos hospitalares, os hospitais buscam a melhoria de seus processos. A sincronização dos processos internos auxilia a realizar o planejamento das atividades e assim dimensionar corretamente os recursos necessários para realizá-las.

Uma forma de melhorar a eficiência na utilização dos recursos hospitalares é por meio da gestão adequada da alta hospitalar. O planejamento de alta é um processo complexo, que deve iniciar na admissão do paciente no hospital (KHANNA et al., 2016).

A alta é vista, em muitos hospitais, como um processo de suporte e reativo à evolução do quadro de saúde do paciente. Podendo ser definida como um processo para decidir o que o paciente necessita para mover-se suavemente de um nível de cuidado para outro (BIRJANDI; BRAGG, 2008), além de ser considerada a reguladora do fluxo de pacientes no hospital (KHANNA et al., 2016), pois os problemas no fluxo de pacientes atrasam sua saída e conseqüentemente a liberação do leito. Este atraso pode expor o paciente à riscos como infecções hospitalares e, ainda, poder levar à depressão ou à redução de autonomia do paciente (RASHWAN; ABO-HAMAD; ARISHA, 2015).

Para a alta ocorrer, as informações do paciente devem estar alinhadas em diferentes setores e atualizadas. A falta destas informações ocasiona a dessincronização dos processos que levam às esperas, estas, por sua vez, resultam no atraso na alta do paciente. Neste âmbito, a utilização de sistemas inteligentes integrando TI (Tecnologia da Informação) e CPS (Cyber-Physical Systems – Sistemas Ciber-Físicos) pode promover a eficiência na gestão de informações e controle para estes processos. No caso, o TI captura e gerencia os dados, e o CPS, por sua vez, utiliza o poder de computação para monitorar e fazer alterações em processos físicos, e estes realimentam o sistema computacional (LEE, 2008).

Neste contexto, o presente artigo tem por objetivo propor e analisar políticas de sincronização dos processos internos de gestão da alta hospitalar, por meio da adoção de Sistemas Ciber-Físicos inteligentes.

As políticas de sincronização de processos internos são propostas com base no modelo para a gestão da alta hospitalar baseado na abordagem enxuta, de Werner (2017). Este modelo apresenta uma estrutura da alta de forma a padronizar os processos e integrar os envolvidos com a recuperação do paciente.

Para o estabelecimento destas políticas, que integram os fluxos físicos e de informação envolvidos na alta hospitalar, há a necessidade de realizar mudanças no processo existente.

Na área de *healthcare* (cuidados coma a saúde), a alteração em processos ou em sua gestão pode gerar riscos à assistência do paciente. Desta forma, a simulação é uma ferramenta que pode ser utilizada

para análise destes novos processos sem colocar em riscos o paciente (DONALDSON; CORRIGAN; KOHN, 2000). Assim, um ambiente de simulação será utilizado para realizar os respectivos testes com as políticas propostas.

Desta forma, o presente artigo está estruturado em: introdução; fundamentação sobre a alta hospitalar, sistemas inteligentes e simulação; a proposição de uma gestão para a alta hospitalar integrada com sistemas inteligentes; a formulação do modelo de simulação; as análises da experimentação da simulação e conclusões.

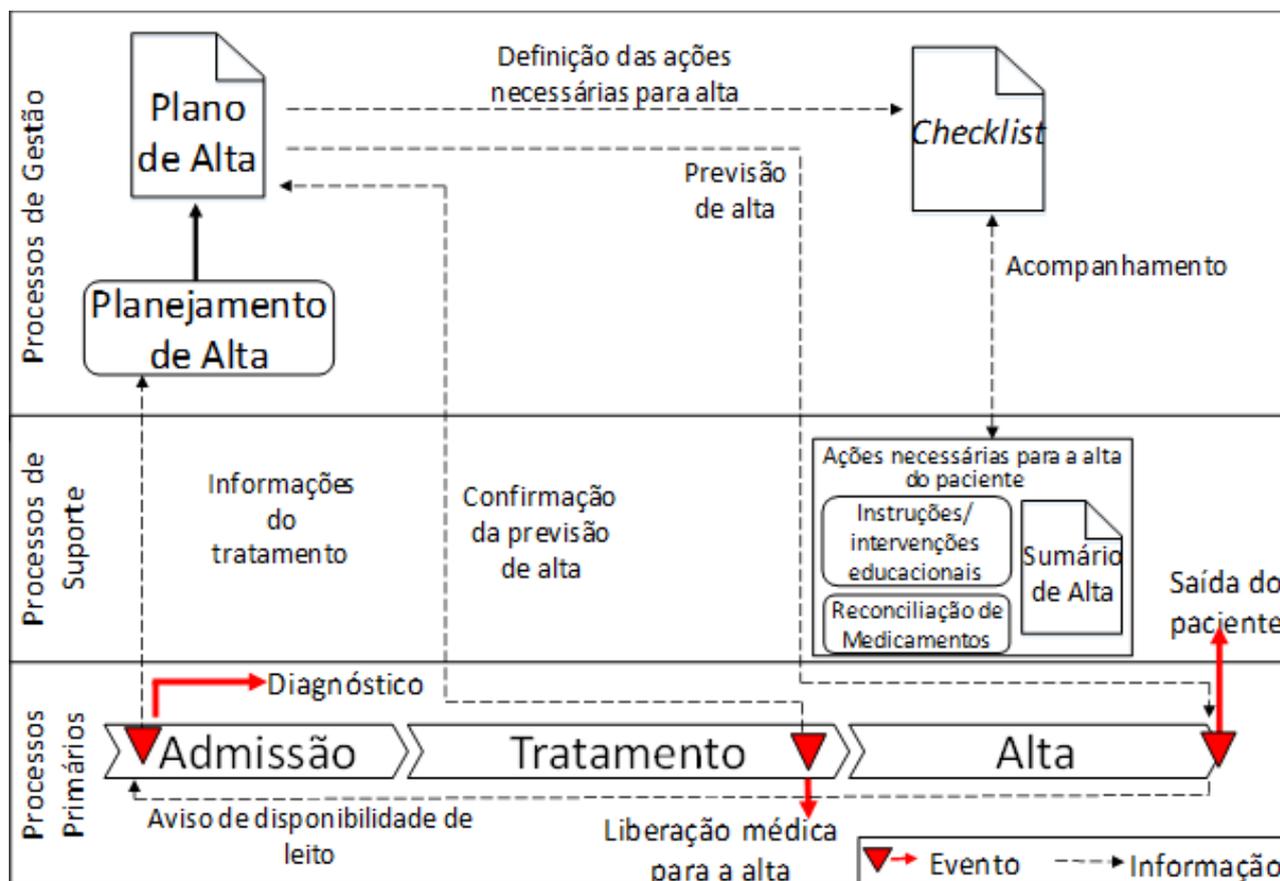
2 REVISÃO DA LITERATURA

Neste tópico, serão apresentados os conceitos de alta hospitalar, sistemas inteligentes e simulação.

2.1 ALTA HOSPITALAR

A alta pode ser definida como um processo para decidir o que o paciente necessita para mover-se suavemente de um nível de cuidado para outro. Tradicionalmente, contempla os serviços que o paciente necessita após sua internação, tendo seu início na admissão e terminando após o paciente ser alocado no próximo nível de cuidado. Esta transição de nível de cuidado pode ser entre setores de um mesmo hospital ou entre o hospital e clínica de reabilitação ou a casa do paciente (BIRJANDI; BRAGG, 2008; LIN et al., 2013). A alta hospitalar pode ser representada conforme a Figura 1.

Figura 1 – A alta hospitalar



Fonte: Werner (2017)

Conforme a Figura 1, considera-se o início do processo de alta com o diagnóstico inicial do paciente. Com este diagnóstico, o tratamento para o paciente é prescrito. As informações do tratamento do paciente correspondem à base do planejamento da alta. Este planejamento resulta em um plano de alta com a definição das ações necessárias até a alta e a previsão da alta do paciente (WERNER, 2017).

Ao final do tratamento da fase aguda da doença do paciente, isto é, quando este não necessita mais da assistência do nível atual de cuidado, há a liberação médica. Esta liberação médica confirma a data de alta do paciente. A partir deste momento, as ações necessárias para a saída do paciente do hospital são realizadas, controladas pela *checklist* (WERNER, 2017).

Dentre as ações necessárias para a alta do paciente, ocorrem as instruções/intervenções educacionais que visam reduzir as chances de readmissão do paciente devido à medicação incorreta ou não cumprimento de seu tratamento após a alta (GONÇALVES-BRADLEY et al., 2016). A educação de um paciente varia conforme suas necessidades, podendo incluir o uso de equipamentos, suas limitações quanto a atividades e alimentação, ajustes em suas atividades de rotina e o gerenciamento de remédios (BASHFORD, 2015).

A reconciliação de medicamentos consiste na verificação e comparação dos medicamentos que o paciente recebe na ordem de alta com os medicamentos que o paciente vem recebendo antes e enquanto está internado, objetivando não haver erros em dosagens ou prescrições (PIPPINS et al., 2008). E a confecção e a entrega do sumário de alta, que corresponde às informações do diagnóstico e tratamento do paciente, este é utilizado em casos de readmissão, como um histórico resumido do paciente, e agiliza seu cuidado.

Por fim, quando estas ações forem realizadas, ocorre a saída do paciente do hospital e o aviso da disponibilidade do leito para a admissão.

A gestão do processo da alta normalmente ocorre pelo acompanhamento das informações de dados da admissão, tempo de permanência, dados da alta e variações ou atrasos. Ainda, com uma pesquisa na literatura, identificou-se uma lacuna em termos de um processo de gestão para nivelar e cadenciar os pacientes ao longo da alta. O atraso da alta dificulta o fluxo dos pacientes no hospital (GRABAN, 2011) e, com o aumento do tempo de permanência, aumenta o risco de infecção aos pacientes (DAVIS et al., 2008).

Com a alta, há a desocupação do leito e a vaga para o próximo paciente. Quanto mais rápido a alta ocorrer sem afetar a qualidade do tratamento, maior é a eficiência e capacidade de atendimento. Por outro lado, caso houver um processo lento de alta, isto pode gerar a superlotação do setor hospitalar (PARK et al., 2012).

Desta forma, a integração de sistemas de informações com os processos pode agilizar esta troca de informações entre diferentes processos.

2.2 SISTEMAS INTELIGENTES

A utilização de TI (Tecnologia da Informação) torna-se o diferencial competitivo para o posicionamento das organizações no mercado, propiciando a melhoria de seus processos internos (MARTINHO et al., 2014; MOURTZIS et al., 2015).

Pois, a utilização de sistemas de Tecnologia da Informação possibilita a gestão das informações e, assim, a realização de um planejamento, acompanhamento, sincronização e controle dos processos

hospitalares. As possíveis melhorias deste sistema auxiliam na redução de custos de modo que utilizam de forma adequada seus recursos escassos (PEREIRA et al., 2012).

Porém, para ocorrer estas melhorias, é observada a necessidade de integrar o monitoramento e as ações para com os pacientes. Isto é, de forma que o monitoramento do quadro do paciente alimente o sistema de informações, gerando subsídios para a tomada de decisões (LEE et al., 2012; ZHANG et al., 2017).

Esta integração de sistemas computacionais com processos físicos é denominada de CPS. O CPS utiliza o poder de computação para monitorar e fazer alterações em processos físicos, ao mesmo tempo que os resultados dos processos físicos realimentam o sistema computacional (LEE, 2008; DERLER; LEE; VINCENTELLI, 2012; MONOSTORI et al., 2016). Desta mesma forma, o CPS busca integrar o mundo virtual e físico para criar um ambiente real de conexão entre os diferentes equipamentos e objetos (MA; WANG; ZHAO, 2017; PEREIRA; SIMONETTO, 2018). Porém, esta integração é voltada à intersecção e não à união do virtual com o físico (LEE, 2015).

A utilização destas informações em tempo real para o rearranjo de recursos e processos torna-se o diferencial da utilização do CPS (JIANG et al., 2017). Neste âmbito, diferente da proposta geral da computação, em que o tempo que um *software* leva para realizar uma tarefa diz respeito a sua performance e não ao resultado de seu algoritmo. No CPS, o tempo para a resolução da tarefa é crítico para o funcionamento do sistema (DERLER; LEE; VINCENTELLI, 2012).

No CPS, muitos processos ocorrem ao mesmo tempo, diferente do processamento de *softwares*, que é em etapas sequenciais. Este processamento em paralelo, de diversos eventos dos processos físicos, é um desafio para os *softwares* embarcados, pois os mesmos devem conseguir capturar, processar e devolver dados em tempo hábil para a realização do processo (DERLER; LEE; VINCENTELLI, 2012).

Além disto, o CPS apresenta diversos desafios. Entre eles a segurança das informações, em que, para a área da saúde, as informações do paciente devem ser acessadas pelos profissionais da saúde, que estão tratando do paciente, e o paciente. Erros podem ocorrer na transferência de informações devido aos dispositivos físicos ou ataques à segurança do sistema. Estes quesitos demandam atenção especial no desenvolvimento de CPS para garantir sua robustez (SHA et al., 2008; ZHANG et al., 2017).

Por outro lado, a utilização do CPS proporciona a automação de eventos, em que a coleta e a gestão de dados, após processados, geram gatilhos para procedimentos. Desta forma, tornam a alocação de recursos dinâmica e abilitam a proposição de melhorias no sistema (MA; WANG; ZHAO, 2017). No *healthcare*, estes procedimentos podem ser alarmes, disparados pelo acompanhamento das condições de saúde do paciente (LEE et al., 2012; ZHANG et al., 2017).

A possibilidade de utilizar sistemas de informação para a gestão de procedimentos hospitalares pode ser um diferencial competitivo, porém, devido aos riscos não devem ser aplicadas diretamente no sistema em funcionamento. Segundo Donaldson, Corrigan e Kohn (2000) as organizações de cuidados de saúde e as instituições de ensino devem participar no desenvolvimento e utilização de simulações para a formação de praticantes principiantes, resolução de problemas e gestão de crises, especialmente quando são introduzidos procedimentos e equipamentos novos e potencialmente perigosos.

2.3 SIMULAÇÃO

A simulação é uma criação computacional que objetiva imitar o mundo real e auxiliar na compreensão do comportamento de um sistema ou processo ao longo do tempo, podendo ser utilizada para criar ou testar processos, políticas, operações e suas possíveis reações a um baixo custo e sem afetar o sistema real (BANKS, 1998).

Considera-se a simulação uma técnica da Pesquisa Operacional que busca representar a abstração de um modelo conceitual (BATALHA 2008; PEREIRA; CUNHA; SILVA, 2015). Segundo Batalha (2008), a Pesquisa Operacional auxilia no processo de tomada de decisões, em que se aplica o método científico à problemas complexos, desta forma, caracterizando-se como uma abordagem científica para a tomada de decisões. A simulação neste âmbito, conforme Pereira, Cunha e Silva (2015), permite reproduzir um sistema para testar hipóteses sobre variáveis controláveis auxiliando na tomada de decisões. Para tanto, os modelos de simulação podem ser caracterizados em: modelos estáticos, representados por equações; dinâmicos, correspondendo a equações que variam ao longo do tempo; modelos contínuos, em que o tempo é considerado de forma linear; e eventos discretos, em que o tempo é separado em pedaços distintos (MOURTZIS et al., 2015).

Na simulação por eventos discretos, as mudanças de estado ocorrem em pontos discretos. As pessoas e objetos são representados individualmente com atributos específicos, que determinam os comportamentos destes objetos ao longo da simulação (TAKO; ROBINSON, 2012). A simulação por eventos discretos é uma ferramenta que auxilia na tomada de decisão, oportunizando aos gestores testarem possibilidades "*what if*" (correspondendo a cenários hipotéticos), e assim projetar melhorias nos processos ou novos sistemas. Nesta técnica, alteram-se um ou mais parâmetros e observam-se os resultados de saída (BOVO, 2015). Em ambientes hospitalares, esta técnica pode auxiliar na análise dos impactos de alterações no fluxo do paciente (JUN; JACOBSON; SWISHER, 1999).

3 SISTEMAS INTELIGENTES APLICADOS AO PROCESSO DE ALTA HOSPITALAR

Os sistemas inteligentes aplicados aos processos permitem sua adequação e atualização às demandas em tempo real e, desta forma, alocar adequadamente os recursos disponíveis para garantir eficiência e qualidade aos processos (BARBOSA et al., 2016).

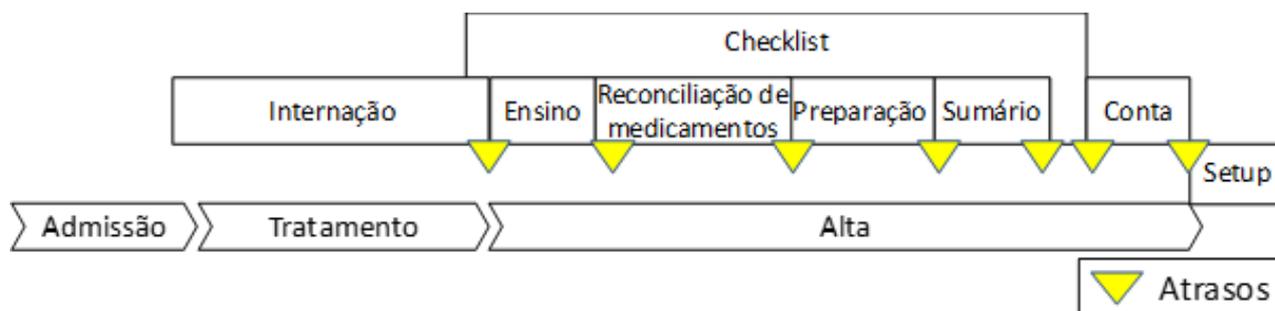
Para apontar a utilização dos sistemas inteligentes no processo de alta hospitalar, o processo de alta é analisado conforme a realidade de um hospital da Grande Florianópolis-SC. Na sequência, as proposições para um estado almejado são apresentadas.

3.1 PROCESSO ATUAL DA ALTA HOSPITALAR

O hospital em estudo é especializado em atendimentos cirúrgicos de alta complexidade, possuindo 6 salas cirúrgicas e 60 quartos em 4 andares de enfermaria, totalizando 92 leitos. Este hospital possui um baixo giro de leitos de 4,76, considerando o mercado que é 5,2 (ANAHP, 2016). O giro de leitos é calculado pela saída dos pacientes dividido pelo número de leitos ativos no hospital durante um período. Assim, aumentando o fluxo de pacientes, aumenta-se o giro de leitos (eficiência do hospital).

Neste hospital, o fluxo do processo de alta ocorre de forma sequencial, conforme a Figura 2, em que, após o período de internação/tratamento do paciente, o mesmo é ensinado. O ensino ao paciente consiste em informar suas condições e recomendações em relação às atividades físicas e à alimentação. Com o ensino realizado é feita a reconciliação de medicamento com as prescrições finais ao paciente. O paciente, então, é preparado, ocorre a troca de curativos ou último banho e, após isto, o paciente recebe o sumário de alta. Neste momento é conferido se todas as atividades foram realizadas, e o paciente é encaminhado para o fechamento de sua conta. Após a saída do hospital, inicia-se o *setup* (preparação) do leito para o novo paciente.

Figura 2 – Fluxo do processo da alta hospitalar



Fonte: Elaborado pelos autores

Cada atividade realizada no paciente necessita ser registrada em seu respectivo prontuário, e o colaborador que atendeu o paciente avisa o próximo colaborador que sua atividade está completa. Neste processo, ocorre perda de informações e atrasos, em que o paciente fica esperando entre cada atividade. Por consequência, o tempo de ocupação do leito é prolongado.

3.2 PROPOSIÇÃO DE POLÍTICAS PARA A ALTA HOSPITALAR

Visando os benefícios da utilização de sistemas inteligentes e a necessidade de melhoria do fluxo de pacientes em um hospital, as seguintes políticas para a gestão da alta hospitalar, conforme Werner (2017), são descritas abaixo.

Priorização do paciente em alta, para acelerar a saída destes pacientes, desocupar os leitos e reduzir o tempo de atenção dispendido sem necessidade. A priorização ocorre em relação aos exames e atividades realizadas com os pacientes em alta, além da visita do médico ou da equipe multidisciplinar. Esta priorização não se sobrepõe às urgências e/ou emergências, podendo ser considerada como um critério para direcionar esforços para a saída de pacientes.

Disponibilizar o transporte para a saída do paciente do hospital – corresponde à oportunidade de reduzir o tempo de permanência, devido ao tempo de espera pelo transporte próprio do paciente. Considera-se o acompanhamento das necessidades dos pacientes e, assim, o transporte disponível para que todos os pacientes saiam do hospital.

Rotina de planejamento diário que, por sua vez, analisa o quadro de evolução do paciente quanto à necessidade de realizar alterações em seu plano de alta. Esta ação pode ser realizada em tempo

real para o planejamento das atividades do dia dos colaboradores, como as atividades de instruções/intervenções educacionais e reconciliação de medicamentos, além de confirmação da previsão de alta no acompanhamento do planejamento. Com as alterações do plano de alta, automaticamente deve-se atualizar o planejamento do paciente, para tanto, considera-se a utilização e integração de sistemas como informações a estes processos.

Automatização da atualização da prescrição do paciente, que corresponde à atualização da reconciliação dos medicamentos no sistema de informações. Isto é, no prontuário do paciente, permitindo assim um fechamento de contas de forma mais ágil e correta, além de facilitar a prescrição final ao paciente.

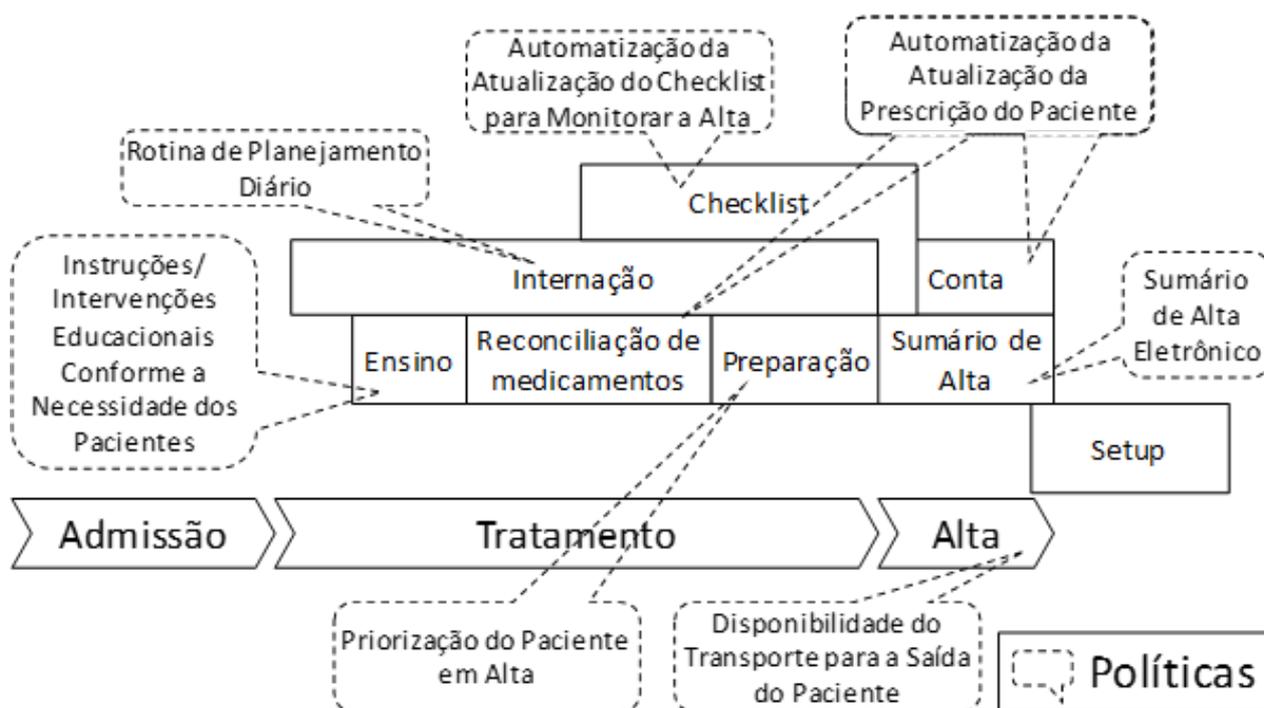
Sumário de alta eletrônico para agilizar a sua emissão e, em consequência, a alta do paciente. Este sumário pode ser extraído do sistema de informações quando utilizado adequadamente, por meio da síntese do prontuário do paciente.

Automatização da atualização do *checklist* para monitorar a alta do paciente em relação ao planejado. A atualização corresponde às modificações do plano de alta do paciente por cada área de especialidade médica.

Instruções/intervenções educacionais conforme a necessidade dos pacientes, em que a execução destas instruções/intervenções educacionais ocorre de acordo com a atualização do plano de alta do paciente, ao longo do seu tratamento, e não como processo final para a sua saída. Este item faz com que o tempo para as instruções/intervenções não seja adicionado ao tempo de permanência do paciente, pois estas atividades são realizadas ao longo da internação do paciente.

Com a aplicação destas políticas para o processo de alta ocorre a modificação nos processos, e estes deixam de ser sequenciais e passam a ocorrer em paralelo, em função da utilização de sistemas inteligentes, conforme Figura 3.

Figura 3 – Fluxo do processo da alta hospitalar com atividades em paralelo e as políticas



Fonte: Elaborado pelos autores

Assim, os sistemas inteligentes suprem a necessidade integrar as informações e atualizá-las em tempo real, para que não haja atrasos e possíveis retrabalhos por falta de informações. Estas políticas são analisadas a seguir por meio de uma simulação em um ambiente hospitalar.

4 AVALIAÇÃO BASEADA EM SIMULAÇÃO DE SISTEMAS INTELIGENTES APLICADOS AO PROCESSO DE ALTA HOSPITALAR

Para o desenvolvimento do modelo de simulação deste trabalho, os tópicos descritos por Sturrock (2009) foram utilizados. Os tópicos descritos são segregados em dois momentos. O primeiro contendo: definição dos objetivos do projeto; compreensão do sistema; e criação das especificações funcionais do sistema. No segundo momento os seguintes tópicos são realizados: a coleta de dados; a construção do modelo; a verificação; e a validação.

Seguindo os tópicos propostos por Sturrock (2009), a simulação de um sistema hospitalar foi elaborada para avaliar a melhoria dos processos de alta hospitalar.

4.1 DEFINIÇÃO DOS OBJETIVOS DO PROJETO

Os objetivos do projeto foram definidos na introdução deste trabalho, sendo propor e analisar políticas de sincronização dos processos internos de gestão da alta hospitalar por meio da adoção de Sistemas Ciber-Físicos inteligentes.

4.2 COMPREENSÃO DO SISTEMA

Para a construção da simulação, um hospital da Grande Florianópolis – SC foi utilizado como modelo, conforme Tópico 3.1. Foram considerados os registros de Janeiro de 2015 à Setembro de 2016, de entrada, movimentação e saída de pacientes, assim como o apontamento de demais atividades.

4.3 ESPECIFICAÇÕES FUNCIONAIS DO SISTEMA

Para este modelo, como especificação funcional destaca-se o nível de detalhamento, para a simulação serão considerados os processos sem o detalhamento das atividades, conforme Figura 2. O tempo destes processos e das respectivas esperas corresponde à variação de tempo registrado na base de dados do hospital.

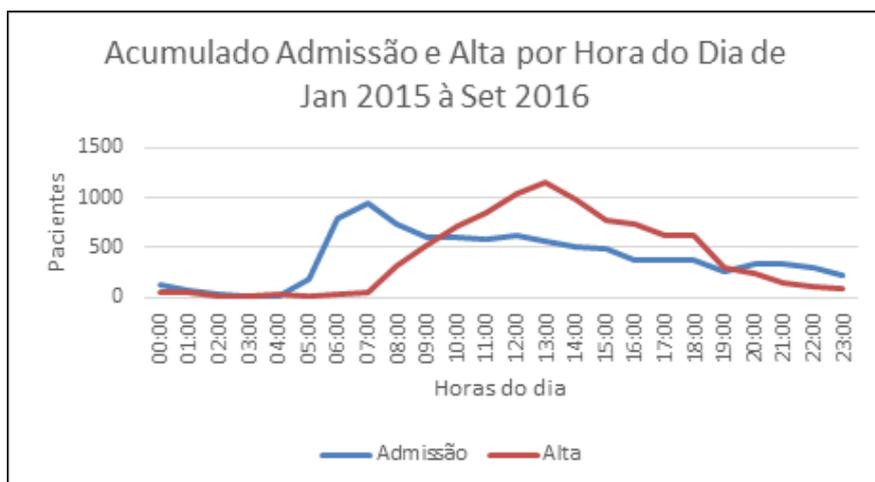
Além disto, as alterações propostas no sistema correspondem ao rearranjo dos processos e adição dos sistemas inteligentes, para controle/gestão de informações e processos.

4.4 COLETA DE DADOS

A coleta de dados iniciou-se com a filtragem das datas do sistema, em que foi possível coletar a taxa de admissão e alta de pacientes, assim como a respectiva duração de cada processo.

A taxa de admissão e alta de pacientes por hora pode ser vista na Figura 4, nesta, é observada a falta de nivelamento entre entrada e saída de pacientes.

Figura 4 – Acumulado admissão e alta hospitalar

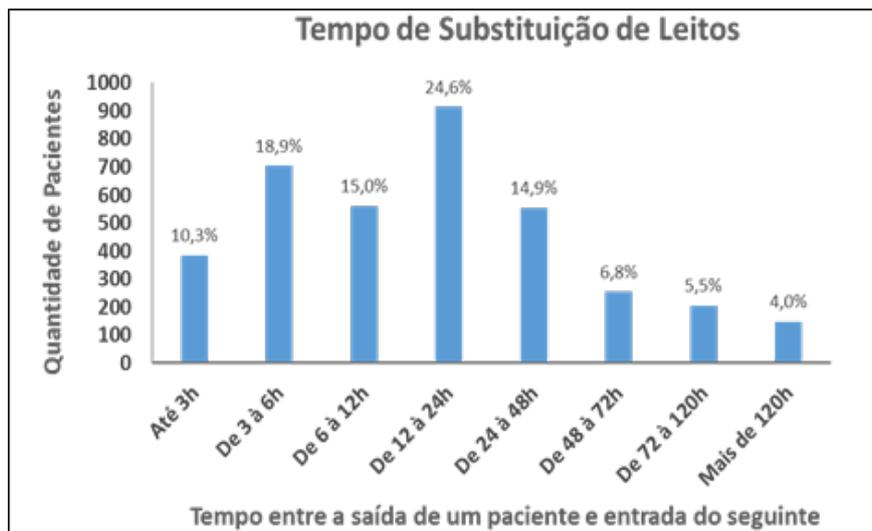


Fonte: Werner (2017)

Esta falta de nivelamento, diferença entre a admissão e a alta, gera a falta de leitos no hospital. Por sua vez, a falta de leitos gera os atrasos e possíveis cancelamentos em procedimentos eletivos. Em casos que não há a perspectiva de liberação imediata, estes procedimentos são remarcados. Nos momentos em que o fluxo na admissão é maior que o fluxo da alta, ocorre uma sobrecarga nos processos e pessoas (WERNER, 2017).

Além disto, os dados referentes ao tempo de substituição do paciente, isto é, da saída de um paciente até a entrada do outro, estão maiores que a média de referência do mercado. O valor de referência, segundo a ANAHP (2016), é de 1,2 horas. Conforme a Figura 5, que ilustra o intervalo de substituição observado, apenas 10% dos leitos são reocupados em até 3 horas, enquanto cerca de 59% estão na faixa de 3 a 24 horas.

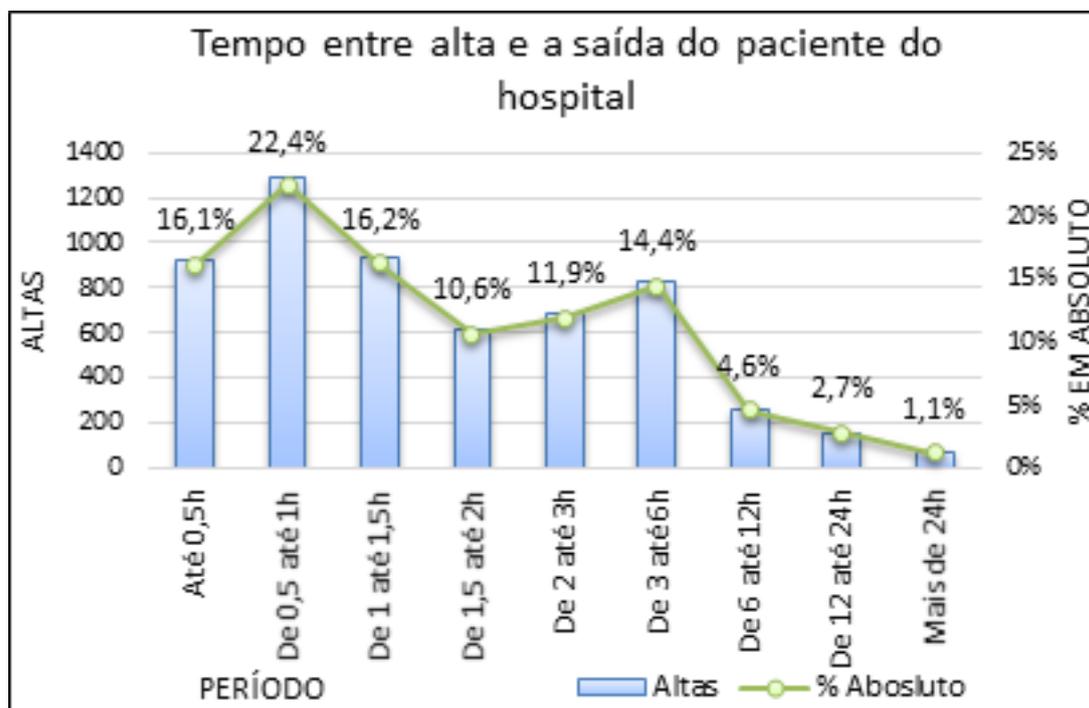
Figura 5 – Intervalo de substituição de leitos



Fonte: Werner (2017)

Mesmo o paciente apto a sair do hospital, ainda há atividades como a elaboração do prontuário e o fechamento de conta que atrasam esta saída, o que causa reclamações por parte da equipe do hospital pelos atrasos gerados. Os dados referentes ao tempo entre a alta e a saída do paciente foram analisados, conforme a Figura 6.

Figura 6 – Tempo entre a alta do paciente e a saída do hospital



Fonte: Werner (2017)

Analisando o tempo entre a alta e a saída do paciente, observa-se que 38,5% das saídas de pacientes ocorrem em até 1 hora após a alta médica. Este período é considerado aceitável pelo hospital, porém, há grande quantidade, aproximadamente 53%, de pacientes que levam até 6 horas de sua alta até a saída do hospital.

4.5 CONSTRUÇÃO DO MODELO

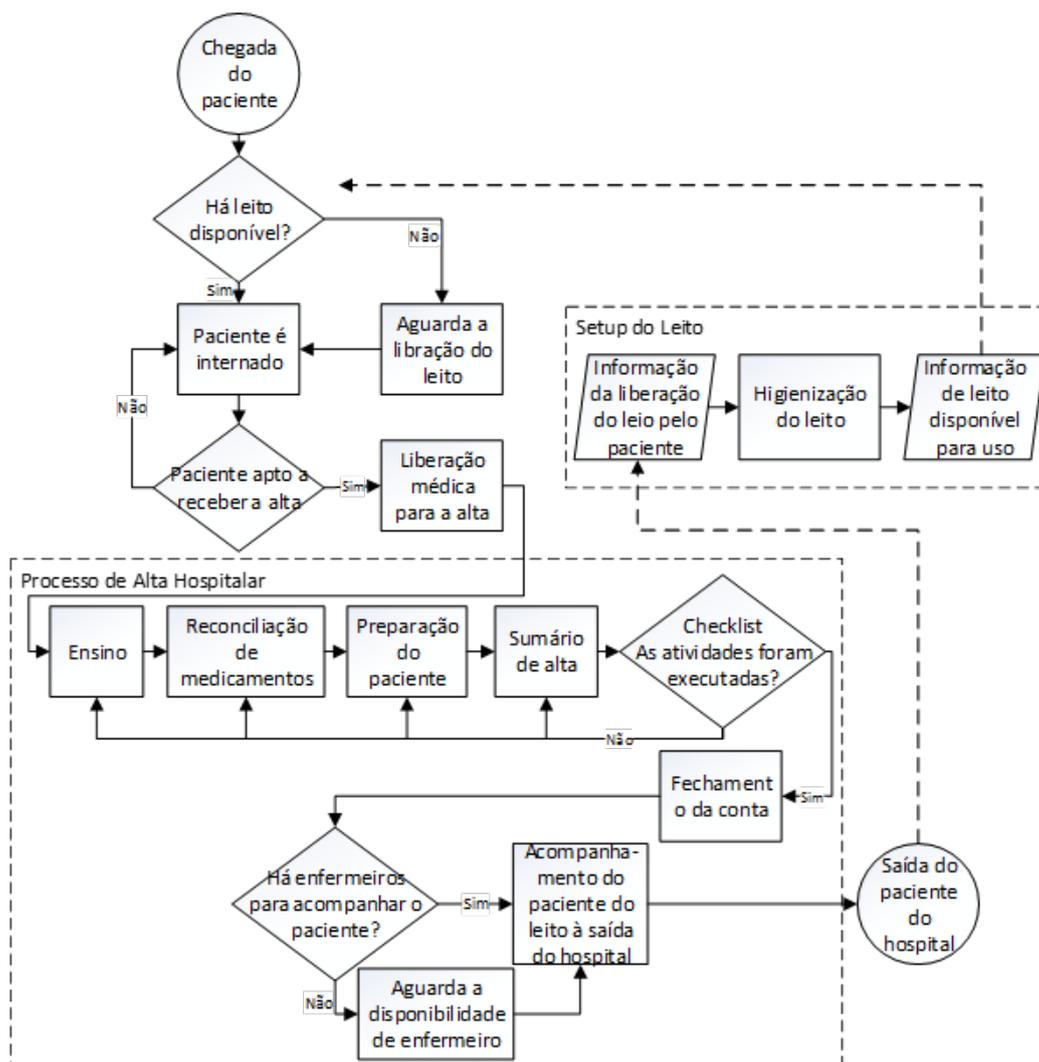
A construção do modelo é dividida em dois momentos, inicialmente o modelo é desenhado para representar a realidade do hospital. Após o modelo responder conforme esta realidade, as políticas e mudança são implementadas, para seu teste.

Para a representação do estado real, utiliza-se os dados coletados em conjunto com os processos. Assim, o sistema modelado é testado até coincidir com os dados levantados. No segundo momento, as políticas descritas no Tópico 3.2 são aplicadas à realidade do hospital.

Desta forma, os dados coletados são os *inputs* (dados de entrada) de informações para a elaboração do modelo no *software* de simulação.

O fluxo desta sequência de atividades para a elaboração do modelo de simulação é apresentado na Figura 7.

Figura 7 – Fluxo para elaboração do modelo de simulação



Fonte: Elaborado pelos autores.

Este fluxo tem seu início com a chegada do paciente ao hospital. Neste momento é verificada a disponibilidade de leitos, caso se encontrem leitos disponíveis, o paciente é internado para seu tratamento, caso não houver ele aguarda a liberação de um leito. O paciente fica em tratamento até receber o aviso de alta. Este aviso inicia o processo de alta hospitalar. Após o término do processo de alta, com o acompanhamento do paciente por um enfermeiro até a saída do hospital, inicia-se o *setup* do leito. Com o *setup* realizado, o leito é disponibilizado para o próximo paciente.

Com esta abordagem, os modelos foram criados no *software* Simio Versão 9.158 (64 bits). Utilizando, de *hardware*, um processador i5-3230M – 2.6 GHz e 8GB de RAM. Nestas condições, os modelos levam aproximadamente 79 segundos para simular 30 dias de processo.

Na sequência, os resultados das análises são apresentados.

4.6 ANÁLISES DOS RESULTADOS

Como resultados, obtem-se, inicialmente, os valores do modelo que busca representar o hospital conforme os processos ocorrem atualmente. Na sequência, a aplicação das políticas com o CPS é introduzida na simulação que retorna os novos resultados, conforme Quadro 1.

Quadro 1 – Resultados da simulação

Item	Modelo Inicial	Modelo com a implementação das políticas e CPS
Pacientes atendidos (un)	429	460
Giro de leitos	4,6	5
Utilização dos leitos (%)	79,24	82,12
Tempo médio do paciente no sistema (horas)	79,3	77,7

Fonte: Elaborado pelos autores

Comparando os resultados da simulação, entre o modelo inicial e o modelo com as políticas propostas por Werner(2017) acopladas ao CPS, observa-se o aumento da quantidade de pacientes atendidos em um período de 30 dias. Este aumento foi de 7,22%, isto é, de 429 pacientes atendidos no modelo inicial para

460 pacientes. Esta integração do processo com as informações que, conforme Barbosa et al. (2016), permite a adequação e atualização das demandas em tempo real, proporciona ao sistema sincronização entre os processos internos e, assim, a redução dos tempos de espera entre os processos.

O aumento da quantidade de pacientes atendidos ocorre pelos gatilhos que o CPS gera no sistema. Uma vez que o CPS monitora os processos físicos, quando estes são concluídos ou mudam de estado (de ocupado para disponível), o sistema virtual encaminha informações que são utilizadas como gatilhos de novos processos físicos (MONOSTORI et al., 2016). Como exemplo, quando o paciente desocupa o leito, em função da alta ou óbito, a equipe de *setup* recebe esta informação e a utiliza como gatilho para iniciar o *setup* do leito.

Este aumento na quantidade de pacientes atendidos gera o aumento no índice de eficiência do hospital, o giro de leitos. O giro de leitos do modelo inicial era de 4,6, com as alterações de políticas este giro passa a ser de 5. Além do giro de leitos, a troca de informações em tempo real faz com que o leito fique ocioso por um tempo menor, sincronizando os processos, o *setup* ocorre sem esperas, desta forma ocorre o aumento da utilização dos leitos pelos pacientes, de 79,24% para 82,12%.

A utilização das políticas que transformam os processos sequenciais em processos que ocorrem em paralelo impactam no tempo de permanência do paciente. Desta forma, o tempo médio do paciente no sistema foi reduzido, e passou de 79,3 horas para 77,7 horas.

Estes resultados, assim como os apontamentos de Barbosa et al. (2016), evidenciam que a utilização de sistemas inteligentes promove a utilização eficiente dos recursos disponíveis. Neste caso, a utilização de sistemas de informações ao longo do processo de alta do paciente implica na melhoria deste processo e em um ganho na utilização dos recursos do hospital. Observa-se, ainda, que não houve alterações no que diz respeito ao controle ou gerenciamento do processo, apenas relacionadas à automação na troca de informação em processos já existentes.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A falta de sincronização dos processos gerada pelo desalinhamento e desatualização de informações pode levar ao atraso na alta do paciente. Portanto, este trabalho objetivou propor e analisar políticas de sincronização dos processos internos de gestão da alta hospitalar, por meio da adoção de Sistemas Ciber-Físicos inteligentes. Com os resultados obtidos, a utilização das políticas integradas aos sistemas inteligentes propiciou a melhoria da eficiência do hospital em estudo.

A adição das políticas para o processo de alta hospitalar, propostas por Werner (2017), integradas aos sistemas inteligentes no modelo simulado, promoveu o gerenciamento das informações em tempo

real, reduzindo o tempo de resposta dos processos. A redução deste tempo de resposta auxiliado pelo gerenciamento de gatilhos de processos leva à sincronização dos processos e, assim, mitiga as esperas e atrasos de saídas de pacientes.

Além disto, a utilização da simulação proporcionou analisar o comportamento do sistema em frente à adição das novas políticas. Estas informações podem ser utilizadas para possíveis tomadas de decisões sem a necessidade de interferir no sistema real. Com estas informações, os gestores do hospital de estudo podem compreender melhor os possíveis impactos gerados pela adoção das respectivas políticas.

As ações que as políticas tratam, objetivam reduzir os atrasos ocasionados pelas trocas de informações pelos colaboradores, além de agregar atividades. Como propostas para trabalhos futuros, inclui-se a análise de políticas de gestão de processos, como o nivelamento da saída dos pacientes.

REFERÊNCIAS

ANAHP. Associação Nacional de Hospitais Privados. **Observatório ANAHP**, 2016. Disponível em: <<http://anahp.com.br/produtos-anahp/observatorio/observatorio-2016>>. Acesso em: 17 dez. 2016.

BANKS, J. (Ed.). **Handbook of simulation: principles, methodology, advances, applications, and practice**. John Wiley & Sons, 1998.

BARBOSA, J.; LEITÃO, P.; TRENTESAUX, D.; COLOMBO, A. W.; KARNOUSKOS, S. Cross benefits from cyber-physical systems and intelligent products for future smart industries. In: **Industrial Informatics (INDIN)**, 2016 IEEE 14th International Conference on. IEEE, 2016. p. 504-509.

BASHFORD, C. **Inside the black box of discharge planning: Key factors for success in three high performing small hospitals**. Miami University, 2015.

BATALHA, M. **Introdução à engenharia de produção**. Elsevier Brasil, 2008.

BIRJANDI, A.; BRAGG, L. M. **Discharge planning handbook for healthcare: Top 10 secrets to unlocking a new revenue pipeline**. Productivity Press, 2008.

BOVO, D. Estudo de Simulação da Reconfiguração do Layout Logístico Para Redução de Custos e Eliminação de Gargalos. **Revista Gestão Industrial**, v. 11, n. 3, 2015.

DAVIS, K. A.; Cabbad, N. C.; Schuster, K. M.; Kaplan, L. J.; Carusone, C.; Leary, T.; Udelsman, R. Trauma team oversight improves efficiency of care and augments clinical and economic outcomes. **Journal of Trauma and Acute Care Surgery**, v. 65, n. 6, p. 1236-1244, 2008.

DERLER, P.; LEE, E. A.; VINCENTELLI, A. S. Modeling cyber-physical systems. **Proceedings of the IEEE**, v. 100, n. 1, p. 13-28, 2012.

DONALDSON, M. S.; CORRIGAN, J. M.; KOHN, L. T. (Ed.). **To err is human: building a safer health system**. National Academies Press, 2000.

GONÇALVES BRADLEY, D. C.; LANNIN, N. A.; CLEMSON, L. M.; CAMERON, I. D.; SHEPPERD, S. **Discharge planning from hospital**. The Cochrane Library, 2016.

GRABAN, M. **Lean hospitals: improving quality, patient safety, and employee satisfaction**. CRC Press, 2011.

JIANG, Y.; SONG, H.; WANG, R.; GU, M.; SUN, J.; SHA, L. Data-centered runtime verification of wireless medical cyber-physical system. **IEEE transactions on industrial informatics**, v. 13, n. 4, p. 1900-1909, 2017.

JUN, J. B.; JACOBSON, Sheldon H.; SWISHER, JAMES R. Application of discrete-event simulation in health care clinics: A survey. **Journal of the operational research society**, v. 50, n. 2, p. 109-123, 1999.

KHANNA, S.; SIER, D.; BOYLE, J.; ZEITZ, K. Discharge timeliness and its impact on hospital crowding and emergency department flow performance. **Emergency Medicine Australasia**, v. 28, n. 2, p. 164-170, 2016.

LEE, E. A. Cyber physical systems: Design challenges. In **Object oriented real-time distributed computing (isorc)**, 2008 11th IEEE international symposium on (p. 363-369). IEEE, 2008.

LEE, E. A. **The past, present and future of cyber-physical systems: A focus on models**. Sensors, v. 15, n. 3, p. 4837-4869, 2015.

LEE, I.; SOKOLSKY, O.; CHEN, S.; HATCLIFF, J.; JEE, E.; KIM, B.; VENKATASUBRAMANIAN, K. K. Challenges and research directions in medical cyber-physical systems. **Proceedings of the IEEE**, a. 100, n. 1, p. 75-90. 2012.

LIN, F.; CHABOYER, W.; WALLIS, M.; MILLER, A. Factors contributing to the process of intensive care patient discharge: an ethnographic study informed by activity theory. **International Journal of Nursing Studies**, a. 50, n. 8, p. 1054-1066. 2013.

MA, J.; WANG, Q.; ZHAO, Z. SLAE–CPS: Smart Lean Automation Engine Enabled by Cyber-Physical Systems Technologies. **Sensors**, v. 17, n. 7, p. 1500, 2017.

MARTINHO, R.; VARAJÃO, J.; CUNHA, M. M. C.; BALLONI, A. **Tecnologias e sistemas de informação em entidades hospitalares: dois casos de hospitais portugueses. Por que GESITI? GEstão de SÍstemas e Tecnologias da Informação em Hospitais–Panoramas, tendências e perspectivas em saúde.** 2014.

MONOSTORI, L.; KÁDÁR, B.; BAUERNHANSL, T.; KONDOH, S.; KUMARA, S.; REINHART, G.; SAUER, O.; SCHUH, G.; SIHN, W.; UEDA, K. Cyber-physical systems in manufacturing. **CIRP Annals**, v. 65, n. 2, p. 621-641, 2016.

MOURTZIS, D.; PAPAKOSTAS, N.; MAVRIKIOS, D.; MAKRIS, S.; ALEXOPOULOS, K. The role of simulation in digital manufacturing: applications and outlook. **International journal of computer integrated manufacturing**, a. 28, n. 1, p. 3–24, 2015.

PARK, S. H.; BLEGEN, M. A.; SPETZ, J.; CHAPMAN, S. A.; DE GROOT, H. Patient turnover and the relationship between nurse staffing and patient outcomes. **Research in nursing & health**, a. 35, n. 3, p. 277-288. 2012.

PEREIRA, A.; SIMONETTO, E. O. Indústria 4.0: Conceitos E Perspectivas Para O Brasil. **Revista da Universidade Vale do Rio Verde**, v. 16, n. 1, 2018.

PEREIRA, C. D.; CUNHA, G. F.; SILVA, M. G. A Simulação na Pesquisa Operacional: uma revisão literária. In: **IX EEPA – Encontro de Engenharia de Produção Agroindustrial.** Campo Mourão, PR, 2015.

PEREIRA, S. R.; PAIVA, P. B.; DE SOUZA, P. R. S.; SIQUEIRA, G.; PEREIRA, A. R. Sistemas de Informação para Gestão Hospitalar. **Journal of Health Informatics**, v. 4, n. 4, 2012.

PIPPINS, J. R.; GANDHI, T. K.; HAMANN, C.; NDUMELE, C. D.; LABONVILLE, S. A.; DIEDRICHSEN, E. K.; CARTY, M. G.; KARSON, A. S.; BHAN, I.; COLEY, C. M. Classifying and predicting errors of inpatient medication reconciliation. **Journal of general internal medicine**, v. 23, n. 9, p. 1414-1422, 2008.

RASHWAN, W.; ABO-HAMAD, W.; ARISHA, A. A system dynamics view of the acute bed blockage problem in the Irish healthcare system. **European Journal of Operational Research**, v. 247, n. 1, p. 276-293, 2015.

SHA, L.; GOPALAKRISHNAN, S.; LIU, X.; WANG, Q. Cyber-physical systems: A new frontier. In Sensor Networks, Ubiquitous and Trustworthy Computing, 2008. SUTC'08. **IEEE International Conference** on (p. 1-9). IEEE. 2008.

STURROCK, D. T. Tips for successful practice of simulation. **In Simulation Conference (WSC)**, Proceedings of the 2009 Winter (p. 34-39). IEEE. 2009.

TAKO, A. A.; ROBINSON, S. The application of discrete event simulation and system dynamics in the logistics and supply chain context. **Decision support systems**, v. 52, n. 4, p. 802-815. 2012.

WERNER, S. M. **Proposta de um modelo de gestão para alta hospitalar baseado na abordagem Lean**. (Dissertação de Mestrado em Engenharia de Produção) - UFSC, Florianópolis, SC. Disponível em: <<https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/179794>>. Acesso em: 2017.

ZHANG, Y.; QIU, M.; TSAI, C. W.; HASSAN, M. M.; Alamri, A. Health-CPS: Healthcare cyber-physical system assisted by cloud and big data. **IEEE Systems Journal**, v. 11, n. 1, p. 88-95, 2017.