



SIMULAÇÃO PARA MELHORAR FLUXO DE EXAMES EM UM LABORATÓRIO HOSPITALAR

SIMULATION TO IMPROVE THE FLOW OF THE HOSPITAL EXAM LABORATORY

SIMULACIÓN PARA MEJORAR EL FLUJO DE EXÁMENES EN EL LABORATÓRIO DE UM HOSPITAL

Daniel Marques Santana Oliveira¹, **Emilli Cássia Souza Lopes**², **Andressa C. B. de Araujo**³,
& **Cristiane A. Pimentel**^{4*}

^{1,2,4} Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Centro de Ciências e Tecnologias em Energia e Sustentabilidade

³ Universidade Federal da Bahia, Escola Politécnica

¹ Danielmarques@aluno.ufrb.edu.br ² Emilli.cassia@aluno.ufrb.edu.br ³ andressaaraujo@ufba.br

^{4*} Cristiane.pimentel@ufrb.edu.br

ARTIGO INFO.

Recebido: 21.05.2024

Aprovado: 07.06.2024

Disponibilizado: 21.06.2024

PALAVRAS-CHAVE: Lean Healthcare; Saúde 4.0; simulação.

KEYWORDS: Lean Healthcare; Health 4.0; Simulation.

PALABRAS CLAVE: Lean Healthcare; Salud 4.0; simulación.

*Autor Correspondente: Pimentel, C. A.

RESUMO

O Lean Healthcare é uma metodologia que adapta metodologias utilizadas na indústria, para a área de saúde. Com ela, é possível identificar os gargalos e otimizar os fluxos hospitalares. Porém com o passar do tempo, tecnologias surgem para agregar cada vez mais a gestão na área de saúde, o que é chamado de "Saúde 4.0", que combinadas com o Lean, atingem resultados ainda mais benéficos. Alterar processos na realidade, se torna algo arriscado e com enormes chances de não se obter os resultados esperados. A partir disso, neste artigo, objetiva-se demonstrar a otimização no tempo de entrega dos exames laboratoriais numa unidade de saúde, através do estudo do Lean Healthcare com a simulação, por meio de uma metodologia de pesquisa-ação, em um hospital em Feira de Santana, Bahia, utilizando uma análise por meio de um fluxograma de processos, crono análise e o software de simulação Flexsim. Como resultado, foi obtido uma análise das consequências do impacto dos desperdícios no laboratório e, melhorias foram simuladas, com o uso do software de simulação, reduzindo o tempo de entrega em até 60%. Através dessa, demonstrou-se os benefícios do uso da simulação para melhorar os serviços oferecidos na área de saúde.

ABSTRACT

Lean Healthcare is a methodology that adapts methodologies used in industry to the healthcare sector. With it, it is possible to identify bottlenecks and optimize hospital flows. Over time, however, technologies have emerged to add more and more to healthcare management, known as "Health 4.0", which, combined with Lean, achieve even more beneficial results. In reality, changing processes is risky and the chances of not achieving the expected results are enormous. The aim of this article is to demonstrate how to optimize the delivery time of laboratory tests in a health unit by studying Lean Healthcare with simulation, using an action research methodology, in a hospital in Feira de Santana, Bahia, using an analysis through a process flowchart, chrono analysis and Flexsim simulation software. The result was an analysis of the consequences of the impact of waste in the laboratory and improvements were simulated using the simulation software, reducing delivery times by up to 60%. This demonstrated the benefits of using simulation to improve the services offered in the healthcare sector.

RESUMEN

Lean Healthcare es una metodología que adapta las metodologías utilizadas en la industria al sector sanitario. Con ella es posible identificar cuellos de botella y optimizar los flujos hospitalarios. Con el tiempo, sin embargo, han surgido tecnologías que aportan cada vez más a la gestión sanitaria, conocidas como "Salud 4.0", que, combinadas con Lean, consiguen resultados aún más beneficiosos. En realidad, cambiar los procesos es una empresa arriesgada con enormes posibilidades de no alcanzar los resultados esperados. El objetivo de este artículo es demostrar la optimización de los plazos de entrega de pruebas de laboratorio en una unidad asistencial mediante el estudio de Lean Healthcare con simulación, utilizando una metodología de investigación-acción en un hospital de Feira de Santana, Bahía, mediante un análisis a través de un diagrama de flujo del proceso, crono análisis y el software de simulación Flexsim. Como resultado, se analizaron las consecuencias del impacto de los residuos en el laboratorio y se simularon mejoras mediante el software de simulación, reduciendo los plazos de entrega hasta en un 60%. Esto demostró las ventajas de utilizar la simulación para mejorar los servicios ofrecidos en el sector sanitario.

1. INTRODUÇÃO

A filosofia Lean surgiu no Japão com o intuito de otimizar os meios de produção, gerando valor e qualidade a um determinado produto ou serviço. Visto que, há uma enorme eficiência com sua utilização, assim novas áreas vêm sendo estudadas para a aplicação da filosofia (Elafri et al., 2022). O *Lean Healthcare* surge com o intuito de utilizar as ferramentas da filosofia na área da saúde, buscando a resolução de problemas enfrentados nos hospitais, como a redução de custos, a dificuldade de lidar com picos de demanda e manter a qualidade do serviço, demora no atendimento, superlotação, dentre outros (Zapeda-Lugo et al., 2020).

Após a implementação do programa *Lean* nas Emergências, parceria do Ministério da Saúde e hospital Sírio Libanês, obteve-se como resultados, a otimização de processos nos hospitais do Brasil que foram contemplados com o projeto (Brasil, 2024). O Lean nas Emergências segue como metodologia o ciclo DMAIC, que consiste em: Definir e Mensurar, que se trata do momento em que é feita a capacitação dos profissionais do hospital contemplado e seu diagnóstico operacional; logo após vem a etapa de Análise, em que é utilizada ferramentas do Lean, como mapa de fluxo de valor (MFV), diagrama de espaguete, 5S, dentre outras, para identificar e solucionar os possíveis gargalos existentes; o próximo passo é Executar, utilizando o plano de ação 5W2H, plano de capacidade plena e *Daily Huddle*; e por fim Controlar, que consiste na gestão de indicadores (Indrawan, 2024). A exemplo disso, pode-se citar alguns dos hospitais que a partir da implementação, conseguiram reduzir a superlotação nas emergências, como o Hospital Regional de Taguatinga no Distrito Federal que reduziu 77%, o Hospital das Clínicas da Universidade Federal de Minas Gerais reduziu em 61% e o Hospital Ophir Loyola, no Pará, em 69% (Brasil, 2024).

Porém, mesmo com resultados satisfatórios, ainda se enfrentam dificuldades quando se trata da implementação de novos métodos na área da saúde, como a falta de recursos financeiros, pouco espaço ou até a resistência na aceitação dessas novas metodologias por parte dos profissionais da saúde que acabam dificultando o processo (Drei et al., 2020).

Com o acréscimo de tecnologias da quarta revolução industrial na área da saúde, também denominada de Saúde 4.0, tecnologias como a simulação são capazes de gerar menos erros e otimizar processos. O estudo sobre a aplicação da simulação na saúde iniciou-se em 1970, com um crescente número de artigos publicados em 1990. A partir de sua utilização busca-se resultados como redução de riscos, quando realizadas mudanças nos processos, redução de custos e lead time, aumento da satisfação do cliente e maior compreensão dos processos de saúde (Tlapa et al., 2022).

Já existem *softwares* de simulação voltados especificamente para a área da saúde, a exemplo, tem-se um módulo desenvolvido pela Flexsim (Flexsim HC), no qual possibilita a modelagem de ambientes hospitalares, centrado nos pacientes, de forma com que contribua com a tomada de decisões dentro do ambiente real (Flexsim, 2024). O Hospital Israelita Albert Einstein se tornou o pioneiro da América Latina a utilizar a simulação dentro da Unidade de Pronto Atendimento (UPA), com o intuito de dimensionar a capacidade da UPA (analisando diferentes situações de demanda); planejar e analisar o fluxo de paciente; fazer a redução do *Length of Stay* (LOS) que mede o tempo de permanência dos enfermos; dentre outros

objetivos, e com isso sanar estes e outros gargalos que existiam dentro do hospital (Silva et al., 2020).

Portanto, visto as dificuldades que o sistema nacional de saúde enfrenta, a melhoria de processos torna-se algo essencial no ambiente hospitalar, com isso, cria-se a necessidade do uso dessas novas tecnologias para otimizar os processos cada vez mais (Tyler et al., 2023). No hospital em questão, notou-se a necessidade de mudança de fluxo devido ao elevado tempo de liberação de exames laboratoriais, gerando atraso nos procedimentos médicos e na liberação do paciente e leito. Com isso, utilizou-se a simulação como ferramenta de estudo, para dimensionar e analisar as mudanças que vinham sendo propostas, reduzindo desperdícios que foram identificados preliminarmente. Sendo assim, o estudo do *Lean Healthcare* atrelado à simulação pode trazer diversos benefícios para a área da saúde, melhorando o fluxo de pacientes, reduzindo o lead time, possibilitando um melhor planejamento e tomada de decisões para a realização das atividades realizadas dentro do meio hospitalar (Fichera et al., 2023). Para a área social, agrega valor ao serviço prestado aos pacientes, para a área financeira, melhora a possibilidade de tomada de decisões, reduzindo custos e para a área acadêmica, contribui com o estudo científico e a aplicação prática.

Contudo, ainda há uma escassez de estudos nessa área, especialmente voltados para otimização da jornada do paciente. Além disso, pelo fato da dificuldade em identificar e medir problemas dentro do hospital, utiliza-se da metodologia de "tentativa e erro" para propor as melhorias necessárias no processo. Neste sentido, o presente artigo possui como objetivo demonstrar a otimização no tempo de entrega dos exames laboratoriais numa unidade de saúde, através do estudo do *Lean Healthcare* com a simulação.

2.REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 LEAN HEALTHCARE:

A metodologia do *Lean* tem o objetivo de reduzir o desperdício ao mesmo tempo em que aumenta a flexibilidade da produção e garante a qualidade dos produtos e serviços, possibilitando à empresa atender de maneira competitiva as necessidades de cada cliente, reduzindo principalmente os custos da produção e desperdícios associados a alguma etapa (Azavedo & Constant, 2019). Tais desperdícios devem ser considerados sob o ponto de vista financeiro também, pois geram custos desnecessários (Santos & Araújo, 2018). Segundo ele, existem sete tipos de desperdícios que devem ser controlados, estes são classificados em: superlotação, espera, transporte, processamento, estoque, movimentação e defeito.

Diante disso, a Filosofia *Lean Healthcare* surge como uma pauta importante para realizar estudos em unidades hospitalares, como uma resolução para os principais gargalos identificados, tais como, tempo de espera para o atendimento, desperdício de tempo em atividades não essenciais, demora nos resultados dos tratamentos, desorganização nos registros dos atendimentos dentre outras oportunidades de melhorias (De Barros et al., 2021). A implementação do *Lean Healthcare* resulta em benefícios na segurança e atividades executadas nas organizações, como uma forma de otimizar o esforço dos colaboradores, reduzindo o tempo de resposta e trazendo melhorias na qualidade dos serviços prestados (Barreto et al., 2022).

Segundo Juventino (2021) é realizada uma análise comparativa da implementação do *Lean* em cinco hospitais brasileiros, na área do pronto socorro, e em todos observou-se melhorias significativas no quesito qualidade de atendimento e combate aos desperdícios (Juventino et al., 2021). Assim, pode-se afirmar que por meio da implementação das ferramentas do *Lean*, é possível constatar a diferença na qualidade dos serviços oferecidos ao paciente (Vieira et al., 2020).

2.2 SAÚDE 4.0:

Com o passar do tempo, diversos processos vêm se revolucionando a partir do surgimento de novas tecnologias, assim, a área da saúde vem caminhando junto a essa revolução e dessa forma facilitando a resolução de problemas. O sistema hospitalar tem se tornado ineficaz e tende a entrar em um esgotamento funcional (Chao & Wen, 2021). Sendo assim, logo será necessário a atualização do sistema da saúde, trazendo novas tecnologias para agregar valor ao serviço prestado ao paciente.

Atualmente, a Saúde 4.0 vem se destacando por meio de tecnologias como Inteligência Artificial (IA), simulação, *Big Data*, robótica, dentre outras, que automatizam e simplificam diversos gargalos que existem no meio hospitalar (Chao & Wen, 2021). Com o ganho de visibilidade dessas tecnologias, foi possível utilizá-las para inovar diversos setores, principalmente com a criação de novos softwares de gestão, que ao serem utilizados, trazem excelentes resultados aos sistemas hospitalares, como a prevenção de tomadas de decisões erradas, a melhoria de fluxos hospitalares, a redução do *lead time*, o aumento da produtividade, dentre outros (Gadelha, 2021).

Por meio da simulação é possível gerar diversos arranjos de cenários em situações distintas de um sistema, adicionar tempos reais, paradas, dentre outras configurações, e dessa forma, realizar uma análise de dados por meio de gráficos gerados pelo software, podendo ter uma visualização mais precisa do problema e das possíveis melhorias a serem aplicadas (Dos Santos Carvalho, 2021). Segundo Garcia e Montenegro (2021), ao utilizar a simulação para a experimentação de ferramentas de ferramentas do *Lean* foi possível obter um aumento de 88.93% na produtividade dos médicos na área da clínica, além da redução de 43.92% nos tempos de espera dos pacientes na área de inventário, confirmando assim, como a tecnologia pode agregar na melhoria dos processos do meio hospitalar.

Alterar processos na realidade se torna arriscado, pois há a possibilidade da alteração feita não dar o retorno esperado. Por isso, foram desenvolvidos softwares de simulação voltados especialmente para a área de *healthcare*, estes possibilitam que diversos processos hospitalares sejam modelados e analisados (Flexsim, 2024). A simulação tem se mostrado uma ferramenta crucial para a resolução de gargalos dentro do meio hospitalar, pois esta possibilita avaliar o desempenho e produtividade da operação, facilitando a tomada de decisão na realidade.

3.METODOLOGIA

O presente estudo tem caráter exploratório e descritivo, com variáveis quantitativas e segue uma metodologia de pesquisa-ação, uma vez que, através dela, o pesquisador assume como premissa que processos sociais complexos são melhores investigados quando se introduzem mudanças e se observam os efeitos dessas mudanças (Bunder & Barros, 2019). Além disso, a pesquisa-ação permite que haja uma estreita relação com a interação entre a pesquisa e o pesquisador, pois, dado um determinado problema, urge a necessidade de desenvolver ações coletivas em prol de sua resolução (Da Silva, 2019).

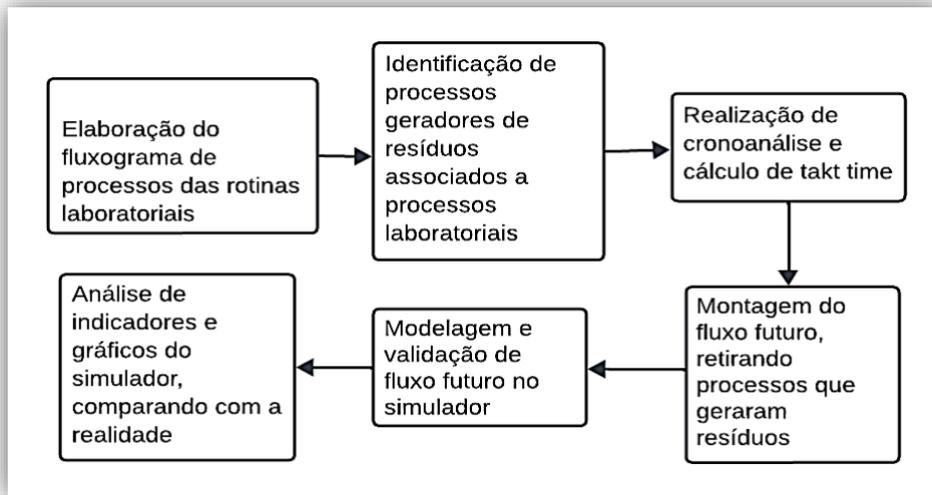
A pesquisa foi realizada em um hospital público, que presta atendimentos às gestantes e serviços de apoio à maternidade, na cidade de Feira de Santana, Bahia, Brasil. E neste hospital existe um laboratório de exames clínicos, que presta atendimentos para as pacientes internadas, além de centro cirúrgico e obstétrico para partos normais e cesarianas e unidades de tratamento intensivo para recém-nascidos, a fim de dar assistência aos que tenham necessidade de assistência médica.

Para o trabalho proposto, foi elaborado um fluxograma de processos, específico das tarefas do laboratório do hospital, considerando a estrutura desse método de pesquisa. Num período de 7 meses, de junho de 2023 a dezembro de 2023, foram estudados os processos e todo fluxo para atendimento ao paciente; e, uma das principais perdas identificadas foi o alto tempo na entrega dos exames. Assim, foi realizado um estudo de crono análise, a fim de identificar os gargalos que geraram o atraso na entrega desses.

Após isso, modelou-se o sistema produtivo em um *software* de simulação computacional Flexsim, versão 23.0.14, considerando a base de dados obtida através de informações colhidas no hospital. A metodologia utilizada para simular os processos foi a de simulação discreta com variáveis determinísticas, a qual utiliza como base uma quantidade finita de números e variáveis, ou seja, o evento a ser simulado ocorre em um determinado instante e marca uma mudança de estado no sistema (Dos Santos, 2023).

Foram determinados indicadores para análise e, com base em 2 sucessivas simulações de possibilidades, buscou-se um resultado ideal de modificação no fluxo de solicitação de exames laboratoriais que atingisse a meta de redução no tempo de exames, de 5 para 3 horas. O fluxograma abaixo, demonstrado na Figura 1, dita o percurso metodológico das ações.

Figura 1. Fluxo metodológico para criação do modelo da simulação



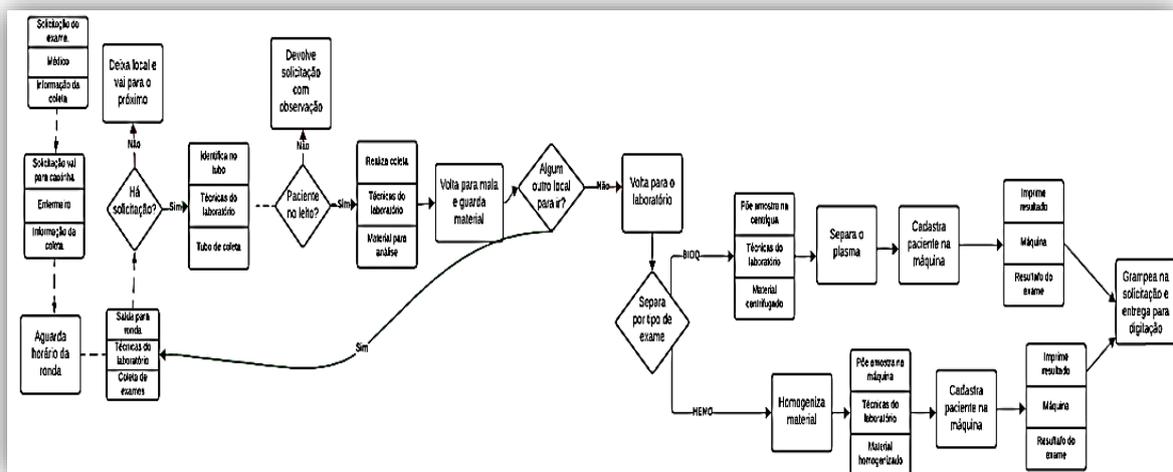
Fonte: Autores.

4.RESULTADOS

4.1 FLUXO DE PROCESSO E IDENTIFICAÇÃO DE DESPERDÍCIOS:

A elaboração do fluxo de processos atual iniciou-se pela saída das técnicas para realização de coleta nos pacientes, o que corresponde ao início do processo. Essas saídas para coletas ocorrem em horários programados, chamados de rondas, ou quando há algum exame de urgência para ser realizado. Nesse último caso, as técnicas são notificadas por ligação pelo setor que necessita. Durante as rondas, as técnicas passam por todos os setores, observando se há coleta e, se houver, elas identificam o tubo de forma manual. Ao término da ronda, as técnicas voltam para o laboratório e realizam as análises solicitadas, entregam para digitação e, em seguida, a biomédica da unidade libera o exame para o médico prestar o atendimento ao paciente (Figura 2).

Figura 2. Fluxo de processos feito com procedimentos do laboratório



Fonte: Autores

Através da ordenação das etapas em fluxo, foi identificado os principais desperdícios atrelados ao processo, sendo estes: Espera, processo desnecessário, movimentação e transporte (Tabela 1).

Tabela 1. Detalhamento dos desperdícios e seus respectivos impactos no tempo de liberação

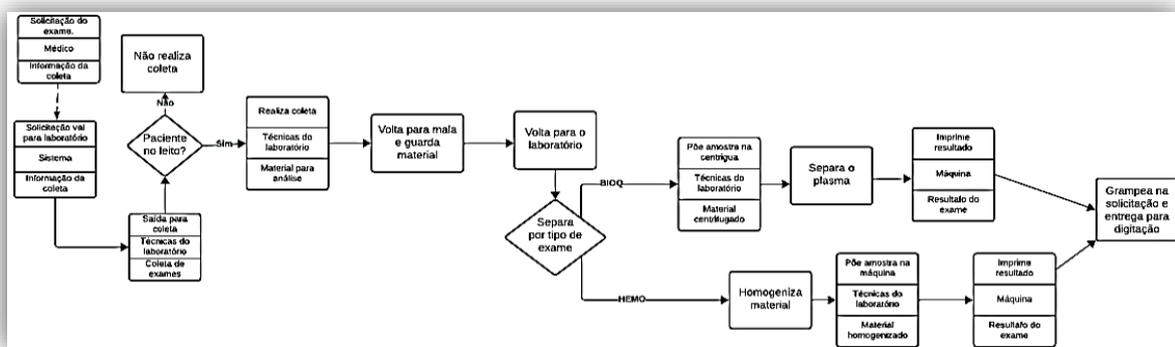
Desperdício	Tipo de perda	Impacto estimado
Cadastro Manual dos Tubos	Processo desnecessário	30 minutos
Falta de interfaceamento dos resultados	Espera	1 hora
Ir até um setor que não tem solicitação, levando material de coleta	Movimentação e transporte	30 minutos

Fonte: Autores.

Em seguida, foi obtido o *lead time* (LT), que é o tempo total do processo. Para calculá-lo, foi considerado o tempo total de atendimento em que o paciente aguarda a realização do exame laboratorial, da solicitação do exame, até o momento da entrega dos resultados. O LT é um indicador importante em relação ao tempo, calculado através da soma dos tempos de ciclo individuais em cada etapa do processo. Com o auxílio do fluxograma de processos (Figura 02), o *Lead time* calculado foi de 5 horas, sendo este o tempo total de entrega de exames e utilizado como um dos indicadores da simulação.

Dessa forma, em trabalho conjunto com as coordenações dos setores de hospital estudado e a equipe de tecnologia, foi possível desenhar um novo fluxo conforme a figura 3, reduzindo os desperdícios identificados, para os processos laboratoriais e, baseado no *lead time* do fluxo atual, prever possíveis ganhos com sua aplicação.

Figura 3. Fluxograma de processos elaborado para fluxo futuro



Fonte: Autores.

Os resultados esperados com as mudanças propostas com o novo fluxo estão detalhados na tabela 2, abaixo:

Tabela 2. Descrição das mudanças sugeridas

Processo retirado	Mudança	Impacto estimado
Impressão de solicitação no setor	As solicitações são notificadas diretamente no laboratório	Redução de 30 minutos nas rondas de coleta
Interfaceamento dos resultados de exames	Os exames não serão digitados manualmente	Redução de até 1 hora na liberação de resultados
Identificação manual nos tubos de coleta	Os tubos de coleta passam a ser identificados antes da ronda de coleta, com código de barra de acordo com o paciente	Redução de 30 minutos nas rondas de coleta

Fonte: Autores.

Com as mudanças de fluxo sugeridas, as solicitações passariam a ser impressas diretamente no laboratório, os cadastros dos tubos serão pelo sistema e as coletas acontecerão no tempo que a solicitação chegar ao setor. Para melhor refino dos resultados e maior clareza na identificação dos desperdícios, foi aplicado uma crono análise sobre os processos.

4.2 CRONOANÁLISE E CÁLCULO DE TAKT-TIME:

Para realizar a cronoanálise, foi necessário observar todos os processos até a entrega do resultado do exame solicitado, realizada com o suporte do fluxograma de processos. Os primeiros processos a serem cronometrados foram as rondas laboratoriais, em seguida, o tempo de duração das coletas de adultos e, então, o *takt time* foi calculado, visando uma análise mais aprofundada sobre o ritmo de coleta de sangue e de liberação de exames do laboratório.

A diferença entre a medição da crono análise e a feita para o fluxograma de processos é a análise das micro etapas que envolvem cada processo. Tal análise tem o intuito de identificar os desperdícios associados ao elevado *lead time* calculado. O *takt time* foi calculado utilizando a seguinte equação (1).

Equação 1: Descrição de como calcular o takt-time

$$\text{Takt time} = \text{available time} / \text{exames solicitados}$$

Onde, *available time* remete ao tempo de duração de cada ronda, pois, é o período que as técnicas vão coletar as solicitações. O tempo médio calculado da ronda foi de 60 minutos (1 hora) e são realizadas 4 rondas por dia, logo, o *available time* é de 240 minutos e a quantidade média de solicitações de exames por dia é 80. Com esses dados obtidos pelo hospital, é possível substituir na equação (1) e encontrar o seguinte resultado:

Equação 2: Cálculo do takt time do laboratório.

$$\text{Takt time} = 240 \text{ minutos} / 80 \text{ Exames solicitados}$$

$$\text{Takt time} = 3 \text{ minutos} / \text{Exames solicitados}$$

Em relação às coletas, o tempo de uma coleta normal (*Lead time*) é de 30 segundos (0,5 minutos). Multiplicando pela média de coleta, que é 80, tem-se que (3):

Equação 3: Cálculo do *Lead time* das rondas de coleta, em minutos.

$$0,5 \text{ min} \times 80 = 40 \text{ minutos}$$

Com a análise do *takt time*, diagnosticou-se que as etapas de coleta de exame e identificação do material poderiam ser reduzidas sem afetar a qualidade do material coletado ou resultado dos exames, além disso haveria redução da sobrecarga dos técnicos. Ademais, percebe-se que, dos 60 minutos da ronda, apenas 40 minutos são em coletas de fato, logo, 33 % do tempo de duração da ronda de coleta estão em tarefas que não agregam valor ao laboratório.

Todos esses dados coletados serviram para configurar e ajustar o software de simulação, a fim de obter dados mais realísticos e, conseqüentemente, ter uma melhor comparação entre os fluxos atual e futuro.

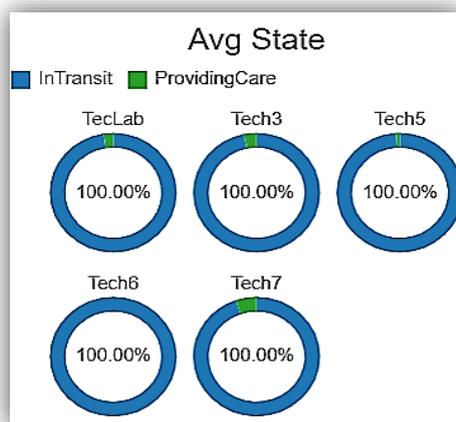
4.3 MODELAGEM DOS FLUXOS NO SIMULADOR:

Após a coleta de dados, foi necessário inserir a planta baixa do hospital no modelo e montar o laboratório e as enfermarias, utilizando as figuras 3D oferecidas pelo simulador, bem como descrever o fluxo do processo antigo e futuro para comparar no simulador.

Utilizando as ferramentas oferecidas pelo software, os fluxos foram adaptados para a simulação, de acordo com a modelagem feita previamente. Em seguida, para configurar cada etapa dentro do simulador, foi preciso mudar os tempos de forma manual de acordo com cada processo correspondente. Feito isso, foi possível colocar gráficos no simulador, tanto na modelagem do fluxo atual, quanto do fluxo futuro implantado. Em seguida pode-se rodar a simulação, configurando para durar o período de um dia.

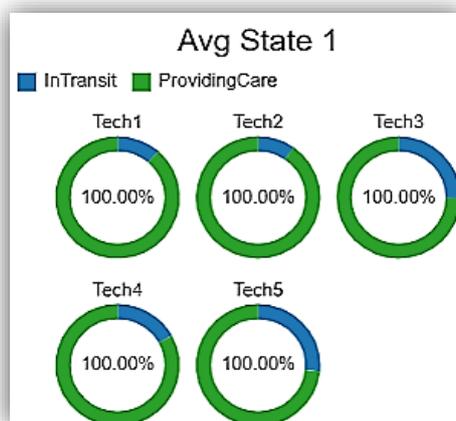
O gráfico *AVG state*, disponibilizado pelo simulador, foi utilizado como indicador e demonstra um percentual de ações durante o período de ronda. Ele é separado em 2 tipos de variáveis: *In transit* (percentual de tempo em que a equipe está andando) e *providing care* (percentual de tempo em que a equipe está realizando trabalho). A ideia do gráfico é demonstrar que, no fluxo futuro, a equipe passa mais tempo em ações que geram valor e menos tempo com processos desnecessários (Figuras 4 e 5).

Figura 4. Gráfico obtido simulando fluxo de coletas atual



Fonte: Autores.

Figura 5. Gráfico obtido simulando fluxo de coletas futuro



Fonte: Autores.

Na Figura 5, pode-se observar que no novo fluxo de solicitações, as técnicas gastam menos tempo andando, representado pela parte azul dos gráficos; e passam mais tempo exercendo a atividade que gera valor ao fluxo realizando coleta. Na Tabela 3 abaixo, estão explicadas a diferença entre os 2 fluxos e os resultados obtidos com a simulação.

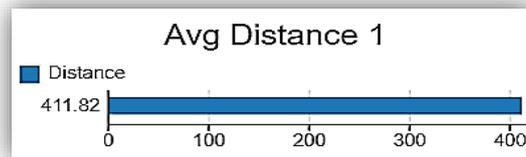
Tabela 3. Comparativo dos resultados obtidos no simulador

Fluxo atual	Resultado obtido	Novo fluxo	Resultado obtido
Solicitação no setor	10% em <i>providing care</i> e 90% em <i>In transit</i>	Solicitação chega ao laboratório e as técnicas saem para coleta	18% em <i>providing care</i> e 82% em <i>In transit</i>

Fonte: Autores.

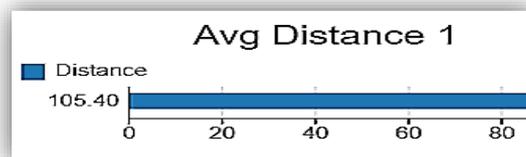
Outra análise feita com o simulador é referente ao desperdício de transporte e movimentação, identificado durante a crono análise e demonstrado na Tabela 2. Para realizar uma análise e comparar se no fluxo futuro tal desperdício é combatido, foi utilizado outro gráfico chamado *Avg Distance*, que demonstra o quanto a técnica do laboratório caminha para realizar uma coleta (em metros) (Figuras 6 e 7).

Figura 6. Gráfico para medir distância do percurso de ronda de coleta no fluxo atual.



Fonte: Autores.

Figura 7. Gráfico para medir distância do percurso de ronda de coleta no fluxo futuro



Fonte: Autores.

Durante a simulação, a diferença obtida entre os 2 foi de 306,42 metros (74,4%), ou seja, no fluxo futuro as técnicas levam menos tempo caminhando no hospital e carregando material, sem agregar valor ao mesmo como visto nas figuras 6 e 7. Comparando o resultado obtido com os 2 gráficos, é perceptível que, no fluxo futuro, as técnicas andam mais de forma desnecessária, justamente por estarem procurando por solicitações de exames.

Comparando o cenário atual com o futuro, há um aumento de produtividade e redução de desperdícios. Esses resultados no simulador apontam que, com as conclusões feitas após a análise do fluxo, a crono análise e o *takt-time*, o fluxo futuro desenhado traz uma redução de desperdícios, mais autonomia nos processos e maior agilidade na liberação de exames, além de cumprir com o objetivo de reduzir o tempo de liberação de exames em até 40 %, ou seja, de 5 para 3 horas.

5. DISCUSSÃO

O processo de implementação de um modelo de automação laboratorial gera benefícios importantes para a instituição e, principalmente, para maior segurança na assistência à saúde. Por esse motivo, os laboratórios estão buscando aperfeiçoamento em garantir um resultado mais preciso em menor tempo possível, com isso a busca por inovações tecnológicas vem crescendo. (Da Silva Amaral et al., 2018)

Esse modelo de simulação poderá ser utilizado como ferramenta de apoio à tomada de decisão na alocação de recursos e na avaliação do impacto de mudanças no sistema por gestores desta instituição. Assim como a simulação foi utilizada em outro trabalho, apresentado por Martins (2019), no qual a simulação possibilitou investigar e avaliar diversos cenários alternativos para melhorar a qualidade do atendimento dos pacientes, reduzindo o tempo de espera de atendimento ao paciente em um hospital do município de Anápolis (Cavalcante et al., 2021)

Comparando com outros resultados, observa-se que a aplicação da simulação em ambientes hospitalares oferece resultados positivos, assim como no presente trabalho. Por exemplo, Rocha et al. (2014) utilizou a simulação a eventos discretos para analisar o sistema de distribuição de medicamentos em um hospital, realizando replicações do modelo computacional para verificar o impacto das alterações propostas pelo Lean. A simulação permitiu compreender e quantificar o impacto das mudanças no processo de distribuição de medicamentos. Portanto, percebe-se o impacto positivo na aplicação das ferramentas Lean juntamente da simulação na área de saúde.

Além disso, é importante destacar que a simulação pode ser aplicada em diversas áreas dentro de um hospital. O trabalho de Vázquez-Serrano et al. (2021) destaca os benefícios do uso da simulação discreta para modelar o desempenho em cuidados de saúde, bem como às áreas diversas de aplicação dessa tecnologia. Sendo assim, como resultado, o autor conclui que o uso da simulação discreta dentro de setores como emergência, ortopedia, pediatria e psiquiatria pode trazer gerar melhoria na tomada de decisões, trazendo qualidade nos serviços de saúde, permitindo a inclusão de fatores estocásticos e a modelagem de condições clínicas dos pacientes.

Outro ponto a ser considerado é a implicação ética do uso de dados hospitalares. De acordo com a Lei Geral de Proteção de Dados (2020), a coleta de dados de saúde deve se limitar ao mínimo necessário para o atendimento aos objetivos previstos na lei, evitando a coleta de informações irrelevantes ou excessivas. Portanto, durante o processo de coleta de dados, evitou-se coletar qualquer dado que envolvesse informações pessoais do paciente, evitando qualquer tipo de vazamento ou compartilhamento de dados, que ferissem as normas da LGPD.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com a realização deste trabalho, pode-se perceber que a simulação de processos reais serve tanto para analisar o estado do fluxo modelado, quanto simular diversos cenários futuros, facilitando a tomada de decisão sobre se é ou não viável promover alterações na rotina de coleta de exames. Com a simulação, podem-se alterar os parâmetros do sistema e verificar o resultado dessa alteração sem necessidade de alterar na realidade, economizando e agilizando esse processo, mantendo um comparativo entre as duas bases de dados. Dito isso, o presente trabalho pode ser utilizado como auxílio no desenvolvimento de modelos de simulação para análise de processos hospitalares, bem como, serve como fonte teórica para trabalhos fonte para gerar novas hipóteses e metodologias na aplicação de ferramentas Lean e simulação na área da saúde

O Flexsim se mostrou muito versátil e de fácil utilização, além de possuir ferramentas, que possibilitam uma melhor análise e compreensão do modelo estudado. A versão *Healthcare* do *software* oferece bastante repertório para a análise dos modelos.

Apesar dos benefícios e do potencial de aprimoramento profissional que a simulação em laboratório de exames hospitalares oferece, é crucial reconhecer suas limitações para garantir uma avaliação realista e o uso responsável da ferramenta. Dito isso, uma das limitações observadas durante o processo de simulação, foi a dificuldade em adaptar todos os cenários possíveis do hospital dentro do simulador, justamente pelo fato de que, em um ambiente de assistência à maternidade e emergência, alguns pacientes necessitam de uma abordagem diferente em seus tratamentos.

Através dos resultados obtidos, este artigo cumpriu o seu objetivo de propor um modelo de simulação que possibilita investigar e avaliar diversos cenários alternativos para melhorar a qualidade da coleta do laboratório de exames, demonstrando que é possível estabelecer um fluxo que reduza o tempo de liberação de resultados de exames em um hospital do município de Feira de Santana. Este modelo poderá ser utilizado como ferramenta de apoio aos gestores e líderes do hospital.

Para trabalhos futuros, sugere-se a implantação do fluxo proposto, com o devido acompanhamento dos indicadores, além de realizar outras simulações em variados setores do hospital, a fim de propor melhorias e comprovar ainda mais a eficácia do uso da simulação junto às ferramentas Lean em ambientes hospitalares. Pode-se, por exemplo, incluir outros processos existentes em um centro cirúrgico, incluindo os processos fora do laboratório, como recepção e triagem. Análises futuras podem considerar recursos de equipamentos e materiais utilizados nas análises de exames. Pode-se também incluir uma análise de custos financeiros envolvidos no processo e custos para implantação dos novos cenários analisados, visando dar um melhor suporte às decisões a serem feitas.

REFERÊNCIAS

- Barbosa, C. M., Nascimento, B. R. A. D., Alves, B. L. Q., Lima, A. K. M. D., Vasconcelos, A. G. F. D., Vasconcelos, A. F., ... & Martins, E. R. (2021). Modelo de simulação para melhoria na gestão da capacidade de atendimento em hospital de emergência. *Engenharia de Produção: Gestão de Qualidade, Produção e Operações*, 2(1), 149-170. DOI: <https://doi.org/10.37885/211006381>
- Bunder, J. & Barros, G. G. (2019). O estudo de caso e a pesquisa-ação: compreensão teórica e evidências empíricas. *Simpósio Brasileiro de Qualidade de Projeto do Ambiente Construído*, 6(1), 1561-1565. <https://doi.org/10.14393/sbqp19140>
- Chao, M. M. & Wen (2021), C. L. Residenciais 5.0 com saúde conectada: humanização com automação por inteligência artificial para promoção de bem-estar em saúde. *World Congress of Architects*. Recuperado de [ACSA.Intl.2021.125.pdf\(acsarch.org\)](https://doi.org/10.125.pdf(acsarch.org))
- Da Silva (2019). Uso de simulador para auxiliar no ensino-aprendizagem do conteúdo de eletrônica. *Análise. VI congresso nacional de educação*, Fortaleza, CE, Brasil. Recuperado de <https://editorarealize.com.br/artigo/visualizar/61751>
- Da Silva Amaral, P., dos Santos Barbosa, R., & dos Santos Correia, S. M. B (2018). A importância da automação nos laboratórios de análises clínicas. Recuperado de <https://newsrab.com.br/a-importancia-da-automacao-nos-laboratorios-de-analises-clinicas-newsrab-145/>
- de Barros, L. B., Bassi, L. D. C., Caldas, L. P., Sarantopoulos, A., Zeferino, E. B. B., Minatogawa, V., & Gasparino, R. C. (2021). Lean healthcare tools for processes evaluation: an integrative review. *International journal of environmental research and public health*, 18(14), 7389. <https://doi.org/10.3390/ijerph18147389>
- De Jesus Azevedo, R. & dos Santos Constant, R. (2019). Aplicação do lean manufacturing na redução do desperdício em uma processadora de frutas, legumes e verduras. *Revista de Ciência, Tecnologia e Inovação*, 4(6). Recuperado de <https://revista.unifeso.edu.br/index.php/revistacientecnologiaciainovacao/article/view/1559>
- De Oliveira Barreto, K., Ribeiro, R. M., Mesquita, M. D. S. S., da Ponte, R. D. C. L., Feijão, G. M. M., & Feijão, T. M. A. P. (2022). Benefícios do Lean healthcare em um centro de especialidades médicas Benefits of Lean healthcare in one medical specialty center. *Brazilian Journal of Development*, 8(1). <https://doi.org/10.34117/bjdv8n1-457>
- Dos Santos Carvalho, D. R., Nery, N. D. M. L., Santos, T. M., & Cecilio-Fernandes, D. (2021). Simulação em saúde: história e conceitos cognitivos aplicados. *International Journal of Education and Health*, 5(1), 9-16. <http://dx.doi.org/10.17267/2594-7907ijhe.v5i1.3889>
- Dos Santos, V. S. (2023). *Otimização da operação de abastecimento de linhas de produção em processos industriais através da integração de técnicas de aprendizado por reforço e simulação: um estudo com o Proximal Policy Optimization (PPO) no ambiente FlexSim*. [sn]. Recuperado de <https://repositorio.unicamp.br/acervo/detalhe/1371987>
- Drei, S. M. (2020). "Lean healthcare" aplicado na clínica médica de um hospital de médio porte. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/334836479_LEAN_HEALTHCARE_APLICADO_NA_CLINICA_MEDICA_DE_UM_HOSPITAL_DE_MEDIO_PORTE
- Elafri, N., Tappert, J., Bertrand, R. O. S. E., & Yassine, M. (2022). Lean 4.0: synergies between Lean management tools and Industry 4.0 technologies. *IFAC-PapersOnLine*, 55(10), 2060-2066. <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2022.10.011>
- Fichera, S., Costa, A., Corsini, R. R., & Parrinello, V. (2023). Application of lean techniques and simulation to improve efficiency of the oncology department. *International Journal of Services and Operations Management*, 44(2), 270-292. <https://doi.org/10.1504/IJSOM.2021.10037906>
- FlexSim (2024). Flexsim Healthcare, Recuperado de <https://www.flexsim.com/pt/healthcare/flexsim-hc/>
- Gadelha, C. A. G. (2021). O Complexo Econômico-Industrial da Saúde 4.0: por uma visão integrada do desenvolvimento econômico, social e ambiental. *Cadernos do Desenvolvimento*, 16(28), 25-49. Recuperado de [pdf\(cadernosdodesenvolvimento.org.br\)](https://www.cadernosdodesenvolvimento.org.br/)
- García, S. & Montenegro, D. (2021). Implementation and evaluation of Lean Healthcare tools through the FlexSim simulator. In *Multi-Conference for Engineering, Education, and Technology* (pp21-23). <https://doi.org/10.18687/laccei2021.1.1.594>
- Indrawan, S. (2024). Applying Lean in Healthcare to Reduce Waste: A Literature Review. *Jurnal Sistem Teknik Industri*, 26(1), 113-119. <https://doi.org/10.32734/jsti.v26i1.14842>

Juventino, G. K. S., Santos, B. E. C., Silva, M. F. S. B., & Pimentel, C. A. (2021). Lean nas emergências: análise comparativa da implementação em cinco hospitais brasileiros. *RAHIS-Revista de Administração Hospitalar e Inovação em Saúde [Internet]*, 18(3), 58-73. <https://doi.org/10.21450/rahis.v18i3.7097>

Ministério da Saúde (2024). Lean nas emergências. Recuperado de <https://www.gov.br/saude/pt-br/assuntos/saude-de-a-a-z/l/lean-nas-emergencia>

Rocha, F., Queiroz, J., Montevechi, J., & Gomes, J. (2014). Aplicação de value stream mapping e simulação a eventos discretos para melhoria de processo de um hospital. *Anais do XLVI Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional, Salvador*. Recuperado de din.uem.br

Santos, P. V. S. & de Araújo, M. A. (2018). Aplicação de ferramentas lean no setor de logística: um estudo de caso. *Revista Gestão em Análise*, 7(2), 168-183. <https://doi.org/10.12662/2359-618xregea.v7i2.p168-183.2018>

Silva, M. F., Santos, B. D., Pimentel, C. A., Menezes, M. D., & Juventino, G. K. (2020). *Contribuições da Indústria 4.0 no Lean Healthcare*. http://dx.doi.org/10.14488/ENEGEP2020_TN_STO_342_1751_39590

Tlapa, D., Franco-Alucano, I., Limon-Romero, J., Baez-Lopez, Y., & Tortorella, G. (2022). Lean, Six Sigma, and Simulation: Evidence from Healthcare Interventions. *Sustainability*, 14(24), 16849. <https://doi.org/10.3390/su142416849>

Tyler, J. M., Murch, B. J., Vasilakis, C., & Wood, R. M. (2023). Improving uptake of simulation in healthcare: User-driven development of an open-source tool for modelling patient flow. *Journal of Simulation*, 17(6), 765-782. <https://doi.org/10.1080/17477778.2022.2081521>

Vázquez-Serrano, J. I., Peimbert-García, R. E., & Cárdenas-Barrón, L. E. (2021). Discrete-event simulation modeling in healthcare: a comprehensive review. *International Journal Of Environmental Research And Public Health*, 18(22), 12262. <https://doi.org/10.3390/ijerph182212262>

Vieira, L. C. N., Juventino, G. K. S., Pimentel, C. A., de Oliveira Menezes, M., da Silva, M. F. S. B., & dos Santos, B. D. J. (2020). Contribuições da simulação no lean healthcare para o combate a Covid-19. *Revista Tecnologia e Sociedade*, 16(45), 184-201. <https://doi.org/10.5585/rgss.v9i3.16882>

Zepeda-Lugo, C., Tlapa, D., Baez-Lopez, Y., Limon-Romero, J., Ontiveros, S., Perez-Sanchez, A., & Tortorella, G. (2020). Assessing the Impact of Lean Healthcare on Inpatient Care: A Systematic Review. *International journal of environmental research and public health*, 17(15), 5609. <https://doi.org/10.3390/ijerph17155609>