
An Overview of Lean Six Sigma Management Applications in Research Animals Facilities

Aplicação da Metodologia Lean Six Sigma em Instalações de Pesquisa com Animais

Received: 20-05-2024 | Accepted: 23-06-2024 | Published: 26-06-2024

Isabel Maria Alexandre Freire

ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-0610-7364>

Fundação Oswaldo Cruz, Brasil

E-mail: isabel.freire@fiocruz.br

Aline da Cruz Repolêz

Fundação Oswaldo Cruz, Brasil

E-mail: aline.repolez@fiocruz.br

Edna dos Santos Almeida

<https://orcid.org/0000-0001-5111-062X>

Centro Universitário SENAI CIMATEC, Brasil

E-mail: ednasa@fieb.org.br

Camila de Sousa Pereira-Guizzo

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4197-8534>

Centro Universitário SENAI CIMATEC, Brasil

E-mail: camila.pereira@fieb.org.br

ABSTRACT

Lean Six Sigma (LSS) is recognized as a continuous improvement methodology that enhances operational processes by reducing waste, variability, and costs, while increasing the quality of products and services. Originating in the industrial and manufacturing sectors, it has been implemented in healthcare over the past three decades to improve operational performance, costs and excellence. In animal research facilities, LSS was first reported at Seattle Children's Hospital, where tools and methods were applied in administrative and research support services. The objective of this study was to characterize the current knowledge regarding the application of LSS tools in animal research facilities, identifying the benefits and limitations of these practices. A database search identified 227 publications, of which 11 were selected. The results showed that LSS has notable applicability and should be incorporated associated with initiatives for cultural and organizational change despite limitations as resistance to implementation and difficulty in sustainment the gains.

Keywords: Lean Six Sigma; Vivarium; Laboratory Animal; Management; Continuous Improvement.

RESUMO

O Lean Six Sigma (LSS) é reconhecido como uma metodologia de melhoria contínua que aprimora processos operacionais ao reduzir desperdícios, variabilidade e custos, ao mesmo tempo que aumenta a qualidade de produtos e serviços. Originário dos setores industrial e de manufatura, foi implementado na área de saúde nas últimas três décadas para melhorar o desempenho operacional, controlar custos e alcançar excelência. Em instalações de pesquisa com animais, o LSS foi relatado pela primeira vez no *Seattle Children's Hospital*, onde ferramentas e métodos foram aplicados nos serviços administrativos e de suporte à pesquisa. O objetivo deste estudo foi caracterizar o conhecimento atual acerca das ferramentas do LSS em instalações de pesquisa com animais, identificando os benefícios e limitações dessas práticas. A busca nas bases de dados identificou 227 publicações, das quais 11 foram selecionadas. Os resultados mostraram que o LSS tem aplicabilidade exitosa e deve ser implementado priorizando iniciativas voltadas para mudança cultural e organizacional, apesar das limitações evidenciadas como a resistência às práticas e dificuldade em manter-se os benefícios alcançados.

Palavras-chave: Lean Seis Sigma; Biotério; Animais de laboratório; Gerenciamento; Melhoria contínua

INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, indústrias manufatureiras alcançaram ganhos em custo, qualidade e segurança utilizando os princípios da filosofia *Lean Management* ou Produção Enxuta, originalmente conhecido como Sistema Toyota de Produção (STP). A falta de recursos no Japão pós-guerra desencadeou seu surgimento, frente a necessidade de aumentar a produtividade a um baixo custo. O diretor da Toyota Motors, Taichi Ohno, desenvolveu então uma estratégia de crescimento que conciliava lucro e sustentabilidade, por meio da capacitação dos funcionários para melhoria dos processos de trabalho a partir da eliminação dos desperdícios (SLACK, *et al.*, 2009).

A produção enxuta é mais do que uma ferramenta gerencial, ela se fundamenta na filosofia “*just in time*”, ou seja, fornecer o produto instantaneamente ao cliente, na quantidade estritamente necessária, com a qualidade esperada, sem desperdícios de recursos, envolvendo efetivamente todas as pessoas nas tarefas de produção, promovendo continuamente o aprimoramento do trabalho, ciente de que sempre há melhorias a serem feitas (BATISTA, 2015). Segundo Oliveira e colaboradores (2019), a manufatura enxuta é definida como a melhor maneira de gerenciar uma organização com foco nos funcionários, clientes e fornecedores. Eles também afirmam que a produção deve ser feita com menos esforço físico, menos equipamentos, menos tempo e mais quantidade.

De forma mais abrangente, o Seis Sigma (do inglês *Six Sigma*) é definido como uma abordagem sistemática de melhoria contínua desenvolvida nos Estados Unidos, que visa reduzir a variabilidade por meio da coleta e análise estatística de dados da produção

(KONING *et al.*, 2006). Segundo estes autores, a aplicação do Seis Sigma se traduz na eliminação das causas de defeitos e erros nos processos ao focar nos resultados que realmente são importantes para os clientes e para a organização, ou seja, uma busca do “zero defeito” em processos, produtos e serviços.

A integração do Seis Sigma ao Lean une os pontos fortes de ambas as filosofias, resultando assim no Lean Seis Sigma (LSS) que constitui uma estratégia abrangente, poderosa e eficaz para a solução de problemas trazendo mais eficiência aos processos e produtos (HORS *et al.*, 2012). O LSS é reconhecido como uma metodologia de melhoria contínua que tem por objetivo tornar os processos operacionais mais eficientes ao reduzir os desperdícios, a variabilidade, os custos e aumentar a qualidade de produtos e serviços (SNEE, 2010). O LSS fornece os conceitos, métodos e ferramentas para a mudança dos processos. É extremamente eficaz pois conecta estes processos às pessoas, desenvolvendo e preparando líderes para implementar tais mudanças, melhorando continuamente o modo como trabalham e gerando valor aos clientes (LIKER, 2021).

Por outro lado, as organizações carecem de ferramentas que auxiliem na solução de problemas e na melhoria dos processos, pois com o tempo os processos tornam-se mais variáveis se não houver interferências (SNEE, 2010). Nesse sentido, a melhoria contínua significa aprimoramento diário e é o que leva a uma organização sustentável, onde os problemas precisam ser compreendidos e corrigidos rapidamente (LIKER, 2021).

Com origem no setor industrial e de manufatura, o LSS não é um tema recente no setor de saúde (LAUREANI *et al.*, 2013). Nas últimas três décadas, em busca da excelência operacional, diversas ferramentas de melhoria contínua foram implementadas em todo o mundo para controlar despesas e melhorar o desempenho das operações (ROHINI; MALLIKARJUN, 2011), sendo o LSS uma das mais eficientes (GIJO *et al.*, 2014; RATHI *et al.*, 2022).

Segundo LIKER (2021), o STP foi a base para a chamada “gestão enxuta”, tendo sido adotado em diferentes áreas como a mineração, varejo, defesa, saúde, finanças entre outros. Na área da saúde, o LSS tornou-se uma excelente alternativa devido à necessidade das instituições de operarem de forma mais eficiente, impulsionadas pelo expressivo número de erros, ineficiência em processos e ainda por restrições financeiras. As organizações de saúde de hoje são sistemas dinâmicos e complexos, que buscam a melhoria da qualidade do atendimento a partir de diretrizes rigorosas. Portanto, reexaminar a metodologia de avaliação do desempenho tornou-se necessário, otimizando inclusive os procedimentos técnicos, como cirurgias, anestésias, atendimentos médicos,

internações e suporte diagnóstico-laboratorial (MARTINEZ; GITLOW, 2011; MATT *et al.*, 2014).

Parte do conhecimento científico gerado na área biomédica advém de resultados obtidos na pesquisa com biomodelos, apesar de os métodos alternativos ao uso de animais já serem uma realidade, para a maioria dos protocolos ainda não estão validados (MORONI; LOEBEL, 2017). Em instalações de pesquisa com animais, o LSS foi introduzido pela primeira vez em 2005, no Instituto de Pesquisa do *Children's Hospital and Regional Medical Center* em Seattle, Washington, que aplicou as ferramentas e métodos nos serviços administrativos e de suporte à pesquisa.

O biotério, como é conhecido no Brasil a instalação de pesquisa com biomodelos, são entidades complexas de se gerenciar devido à uma variedade de desafios: questões éticas, desenho experimental e logística; produção de dados científicos e análise; financiamento; produção científica; treinamento e capacitação de pessoas; aspectos regulatórios entre outros. O êxito no gerenciamento destes desafios é uma meta comum do pesquisador principal ou do gestor da instalação (BASSUK; WASHINGTON, 2014). As técnicas de gestão enxuta garantem processos simplificados e padronizados e, por isso, ao longo dos últimos anos, disseminou-se como ferramenta para uma gestão eficiente em instalações de pesquisa com animais em instituições ao redor do mundo. A implementação dos princípios, práticas e ferramentas LSS nas tarefas diárias exigidas pelos programas de cuidado animal e supervisão veterinária trazem mais consistência, eficiência, engajamento dos funcionários e sustentabilidade (KIRCHAIN *et al.*, 2021).

Não obstante a disseminação do LSS, nota-se a necessidade de examinar as evidências obtidas com a aplicação dessas ferramentas em biotérios. Portanto, o objetivo deste estudo foi caracterizar o conhecimento atual acerca das ferramentas do LSS em instalações de pesquisa com animais, identificando os benefícios e limitações dessas práticas.

METODOLOGIA

Para caracterizar o conhecimento atual sobre a aplicação da metodologia LSS em instalações de pesquisa com animais foi realizada uma revisão da literatura disponível, dividida em quatro etapas: Escopo, Planejamento, Avaliação e Síntese. Na primeira etapa, foram estabelecidas as duas questões norteadoras a serem respondidas para alcançar o objetivo deste estudo:

Questão 1: Qual é o estado da arte em relação ao uso de ferramentas e metodologias LSS para gerenciamento de biotérios?

Questão 2: Quais são os benefícios e limitações no uso da metodologia em biotérios?

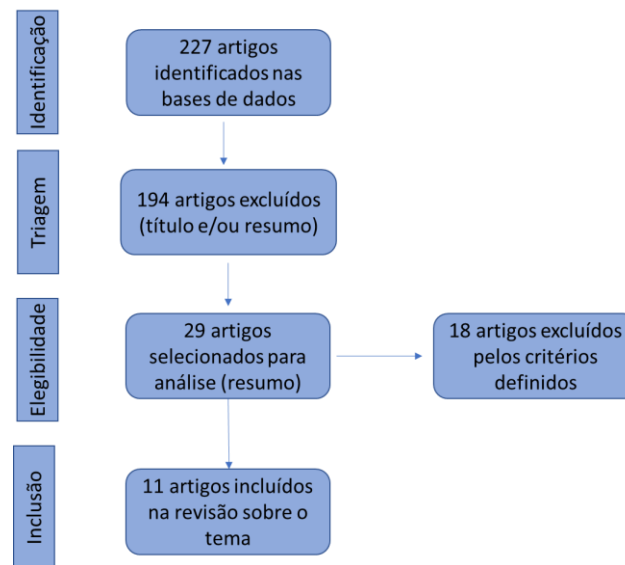
Na etapa seguinte, foram definidas as bases de conhecimento científico investigadas, a saber: Web of Science (www.webofscience.com), Science Direct (<https://www.sciencedirect.com>) Scielo (<https://www.scielo.org>) e Scopus (<https://www.scopus.com>). A busca nas bases de dados identificou publicações do tipo Review e Article Research publicados no período de 2000 a 2023 que, contivessem os descritores e string de busca nos campos título, resumo e palavras-chave e, foram identificados 227 estudos conforme mostra a Tabela 1.

Tabela 1: Estratégia de busca nas bases de dados e número de publicações encontradas

Base de Dados	Descritores	Publicações
Web of Science	"animal facility" or vivarium (All Fields) and lean (All Fields)	39
Science Direct	lean six sigma and facilities and animal	33
Scielo	lean six sigma	21
Scopus	"lean six sigma" AND "animal" OR "vivarium" OR "facilities"	134

Fonte: autoria própria

Na etapa de avaliação, as publicações relevantes foram identificadas e os resumos dos estudos foram lidos para inclusão daqueles que utilizassem a metodologia LSS nas pesquisas com animais e, que estivessem escritos em português e inglês. Como critérios de exclusão, não foram selecionados nesta etapa os artigos que não tratavam especificamente de instalações de pesquisa com animais, bem como as teses, dissertações, capítulos de livros, carta aos editores e editoriais. Ao final desse processo, foram selecionados 11 estudos conforme ilustrado no fluxo sistemático da Figura 1.

Figura 1: Fluxograma do processo de seleção dos artigos

Fonte: autoria própria

Finalmente, na quarta etapa foi realizada a leitura e análise aprofundada destes estudos, buscando compreender as relações entre os resultados apresentados e identificar padrões, divergências e oportunidades de pesquisa para responder às duas questões norteadoras propostas.

ANÁLISE DOS RESULTADOS

Os onze trabalhos selecionados foram lidos e analisados profundamente e, o resultado obtido a partir desta síntese está apresentado na Tabela 2.

Tabela 2: Detalhamento dos 11 trabalhos selecionados que abordam o Lean Seis Sigma em biotérios

Título	Instituição (Ano)	Periódico	Autores	Problemas	Resultados
Lean Management: A Leader's Toolkit for Achieving Operational Excellence	MGH (2020)	Laboratory Animal Science Professional	Kirchain <i>et al</i>	Indisponibilidade de ferramentas que auxiliem o gestor a implementar o lean	Ambiente de trabalho organizado; Abordagem científica para a solução de problemas; respostas para os desafios institucionais.
Using the Lean Six Sigma Methodology to Reduce Mouse Cage Sanitation Time for Animal Care and Use Programs	Universidade de Houston (2019)	Journal of the American Association for Laboratory Animal Science	Kovak e Dash	Processo de sanitização de gaiolas pouco eficiente	Redução do tempo gasto na limpeza das gaiolas de 94 para 59 minutos.
A Redesign Approach for Improving Animal Care Services for Researchers	Universidade de Houston (2017)	Journal of the American Association for Laboratory Animal Science	Okype e Kovach	Erros e atrasos na prestação de serviço de pesquisa com animais	Melhor eficiência da relação pesquisadores x veterinários; redução de 60% das solicitações de pesquisadores mesmo problema; diminuição de 12% do tempo para solução de problemas com clientes; redução de 63% do tempo para acesso à instalação pelos clientes
Value Stream Mapping of Mouse Cage Production	2015	Laboratory Animal Science Professional	Brammer <i>et al</i>	Dificuldades em higienizar os carrinhos frente o aumento da população de animais na criação	Melhor eficiência na sala de animais e na área de lavagem a partir da eliminação de etapas que não agregavam valor ao processo.
Iterative Development of Visual Control Systems in a Research Vivarium	Seattle Children's Hospital (2014)	Plos One	Bassuk e Washington	Falha da equipe em manter os resultados de melhoria contínua após mudança de local da instalação	Redução da frequência de troca das gaiolas em razão dos níveis de amônia; redução de 15% nas trocas de gaiolas por semana
Lean Concepts for Vivarium Operational Excellence	Biological Art Center of National Jewish Health (2014)	Journal of the American Association for Laboratory Animal Science	Tummala e Granowski	Reduzir o excesso de suprimento de gaiolas; Setor de limpeza ocioso pela manhã e sobrecarregado na parte da tarde	Fluxo de trabalho foi redefinido e os gargalos identificados permitindo trabalho em fluxo contínuo; Economia 3 FTE (full time equivalent)
The A3 Problem Solving Report: A 10-Step Scientific Method to Execute Performance Improvements in an Academic Research Vivarium	Seattle Children's Hospital (2013)	PLoS ONE	Bassuk e Washington	Deficiência na assistência veterinária; Falhas na supervisão da saúde animal aos finais de semana.	Incremento na qualidade da assistência veterinária, 82,4% para 90,6%
Preliminary Experience of a PDCA-Cycle and Quality Management Based Training Curriculum for Rat Liver Transplantation	2012	Journal of Surgical Research	Hao Jin <i>et al</i>	Otimizar o treinamento microcirúrgico através do ciclo PDCA	Melhoria da qualidade cirúrgica, redução dos erros e do tempo de treinamento, autoconfiança do treinando, mais produtividade científica, mais controle dos treinamentos e da qualidade deles.
Implementing Lean Sigma in pharmaceutical research and development: a review by practioners	2009	R&D Management	Carleysmith <i>et al</i>	Relatar a experiência da aplicação do lean seis sigma no departamento de desenvolvimento farmacêutico.	Redução do tempo gasto em tarefas de rotina; aprimoramento de atividades de suporte; processos mais robustos; melhoria da gestão do conhecimento, trabalho em equipe e resolução de problemas.
Improving Animal Research Facility Operations Through the Application of Lean Principles	Seattle Children's Hospital (2008)	ILAR-e-Journal	Khan e Umrysh	Tempo elevado processamento do material; excesso de movimentação e fluxo pessoas e equipamentos; segurança do trabalho.	Redução de: 51% no giro de material; de 13% desperdício; economia de 34% no tempo do ciclo de lavagem e 8% redução no tempo de lavagem de bebedouros
Modelo de gestão em biotério convencional de produção de <i>rattus norvegicus</i> de instituição de ensino superior privada brasileira	2004	Universitas Ciências da Saúde	Junior, C. A. C	Necessidade de padronizar a produção de ratos em instituições de ensino superior	Melhoria e garantia da confiabilidade; produção com qualidade e uniforme; eliminação de dificuldades; redução de custo; melhoria e manutenção da produtividade, segurança do trabalho e controle ambiental.

Fonte: autoria própria

Em relação aos benefícios da utilização das ferramentas LSS em instalações de pesquisa com animais, Khan e Umrysh (2008) destacam a importância do ambiente de pesquisa, que pode afetar diretamente as respostas biológicas e comportamentais dos animais e, portanto, os resultados experimentais. Nesse cenário, os autores identificaram oportunidades de melhoria no tempo despendido para o processamento dos materiais zootécnicos utilizados, como gaiolas e bebedouros. Além disso, o fluxo de equipamentos e materiais no depósito precisavam ser mais eficientes. Como resultado da utilização das ferramentas LSS os autores obtiveram redução de 34% no tempo de processamento das gaiolas e de 8% dos bebedouros, enquanto o fluxo de material no depósito melhorou em 51%. Os autores destacam que a qualidade dos materiais, a segurança dos funcionários e o fluxo mais dinâmico são vitais não apenas em instalações de pesquisa animal, mas também na manufatura.

Apesar dos excelentes resultados relatados por Khan e Umrysh (2008), as melhorias obtidas não se sustentaram após a mudança da instalação de pesquisa para outro local, evidenciando as fragilidades da implementação das práticas de melhoria contínua. Os autores reiteram que, apenas o uso das ferramentas gerenciais sem o entendimento da complexidade dos processos de trabalho, não asseguram uma estratégia de melhoria contínua bem-sucedida. Diante disso, Bassuk e Washington (2014) relataram o processo de reintrodução das ferramentas e princípios LSS junto à equipe da instalação de pesquisa, evidenciando a importância da mudança da cultura e amadurecimento para a sustentação de um sistema de gerenciamento de processos, com foco na qualidade, custo, entrega, segurança e engajamento. Os autores destacam que, momentos de retrocesso são esperados até que o sucesso das práticas de gerenciamento LSS seja percebido, devido à complexidade que envolve os processos de trabalho de uma instalação de pesquisa com animais.

Apesar do reduzido número de publicações acerca do tema, os relatos sobre a implementação das práticas de gerenciamento em instalações de pesquisa com animais são bem sucedidos. Pesquisadores do *Seattle Children's Hospital* identificaram oportunidades de melhoria na assistência veterinária dos animais em experimentação. A partir do uso da ferramenta Relatório A3, amplamente utilizada pela Toyota para a solução de problemas, obtiveram um incremento na qualidade do atendimento veterinário especializado de 82,4% para 90,6%, segundo a avaliação de clientes (BASSUK; WASHINGTON, 2013).

Na Universidade de Houston, Texas, com uso da ferramenta DMAIC (*Define, Measure, Analyse, Improve, Control*) os autores evidenciaram maior eficiência na comunicação entre equipe veterinária e usuários da instalação de pesquisa: redução de 60% das solicitações de pesquisadores sobre um mesmo problema, diminuição de 12% do tempo demandado pela equipe veterinária para solução de problemas e redução de 63% do tempo necessário para obtenção de acesso à instalação animal por pesquisadores (OKPE; KOVACH, 2017).

Na busca de eficiência nos processos de trabalho, Kovach e Dash (2019) relatam a utilização da ferramenta DMAIC para a otimizar o tempo despendido na higienização das gaiolas. A partir do mapeamento e análise detalhada do processo foi possível identificar pontos de ineficiência, buscar soluções e, implementar melhorias que levaram a uma redução do tempo despendido de 94 para 59 minutos. O tempo de trabalho poupado pode ser dedicado a tarefas específicas que agregam mais valor ao serviço prestado, como a assistência aos animais e pesquisadores (KOVACH; DASH, 2019).

Durante a implementação das ferramentas LSS no ambiente de pesquisa e de desenvolvimento da indústria farmacêutica, a principal barreira encontrada foi a cultura organizacional, que demonstra certa resistência em relação as práticas de melhoria contínua (CARLEYSMITH *et al.*, 2019). Os autores relatam a necessidade de incentivar a mudança cultural, fornecendo treinamento, utilizando princípios de gestão da mudança e investindo em múltiplos canais de comunicação para promoção e conscientização sobre a busca da excelência operacional. As dificuldades na implementação das ferramentas LSS na área de P&D podem ser mitigadas pela intensificação dos investimentos por parte dos interessados, na melhoria da gestão do conhecimento, do trabalho em equipe e dos processos rotineiros de trabalho, sendo o resultado disso mais tempo e espaço para inovação e criatividade (CARLEYSMITH *et al.*, 2019).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Embora existam diversas abordagens voltadas para a melhoria de processos, o LSS se destaca por sua notória aplicabilidade na pesquisa biomédica. A análise de dados e processos permite alcançar melhores resultados e maior eficácia no gerenciamento de instalações de pesquisa com animais. As ferramentas LSS, voltadas para a redução de desperdícios e a sustentabilidade da instalação, aliadas ao engajamento da equipe, são essenciais para o alcance da excelência operacional.

Os resultados encontrados na pesquisa bibliográfica revelam o número reduzido de publicações acerca do uso desta metodologia em instalações de pesquisa com animais. No Brasil, as iniciativas são escassas e isso pode ser atribuído ao fato de muitas instalações de pesquisa com animais estarem vinculadas a instituições governamentais, de pesquisa e/ou ensino, nas quais os esforços estão voltados para os resultados experimentais, corroborando a carência de ferramentas de gestão eficientes. O perfil profissional do gerente da instalação de pesquisa animal, em sua maioria, é mais técnico-científico do que gerencial-administrativo.

Os achados confirmam que a metodologia tem resultado efetivo quando aplicada em instalações de pesquisa com animais confirmando a relevância da proposta deste trabalho. Nesse contexto, podemos concluir que o LSS com foco na eficiência de processos de trabalho para redução de custos e melhores resultados deve ser incorporada em tais instituições.

Considerando as limitações deste estudo, é importante comentar que os descritores adotados para esta investigação podem ter impactado no levantamento de artigos com temática afim aplicado a biotérios. Por isso, novos estudos poderiam ampliar os descritores e estratégias de busca para verificação dos resultados.

REFERÊNCIAS

- ALVEZ-MAZZOTTI, A. J. **Usos e abusos dos estudos de casos.** *Cadernos de Pesquisa*, v. 36, n. 129, p. 637-651, 2006.
- BASSUK, J. A., WASHINGTON, I. M. **The A3 Problem Solving Report: A 10-Step Scientific Method to Execute Performance Improvements in an Academic Research Vivarium.** *PloS One*, v. 8, n. 10, p. e76833, 2013.
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0076833>
- BASSUK, J. A.; WASHINGTON, I. M. **Iterative development of visual control systems in a research vivarium.** *PloS One*, v. 9, n. 4, p. e90076, 2014.
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0090076>
- BATISTA, P. H. A. **A Máquina que Mudou o Mundo: Baseado no Estudo do Massachusetts Institute of Tecnology sobre o Futuro do Automóvel.** *Revista Brasileira de Gestão e Engenharia*, v. 7 n. 12, p. 88-93, 2015.
- BRAMER, D. W., GRAY, L. R., SIKES, C. R. **Value Stream Mapping in Mouse Cage Production.** *Laboratory Animal Science Professional*, v. 3, n. 3, p. 40-42, 2015.
- CARLEYSMITH, S. W.; DUFTON, A. M.; ALTRIA, K. D. **Implementing Lean Sigma in pharmaceutical research and development: a review by practitioners.** *R&d Management*, v. 39, n. 1, p. 95-106, 2009.
- CRESWELL, J. W. **Projeto de pesquisa: métodos qualitativo, quantitativo e misto.** Porto Alegre: Artmed, 2010.
- DA CRUZ JÚNIOR, C. A. **Modelo de gestão em biotério convencional de produção de Rattus norvegicus de instituição de ensino superior privada brasileira.** *Universitas: Ciências da Saúde*, v. 1, n. 2, p. 343-362, 2003.
- GIJO, E. V., ANTONY, J., HERNANDEZ, J., SCARIA, J. **Reducing Patient Waiting Time in OutpatientDepartment Using Lean Six Sigma Methodology.** *Quality and Reliability Engineering International*, v.30, p. 1481-1491, 2014.
- HAO, J., HUANG, H., DONH, W., SUN, J., LIU, A., MEIHONG, D., DIRSCH, O., DAHMEN, U. **Preliminary experience of a PDCA-cycle and quality management based training curriculum for rat liver transplantation.** *Journal of Surgical Research*, v. 176, n. 2, p. 409-422, 2012.
- HORS, C., GOLDBERG. A. C., ALMEIDA, E. H. P., JÚNIOR, F. G. B., RIZZO, L. V. **Aplicação das ferramentas de gestão empresarial Lean Seis Sigma e PMBOK no desenvolvimento de um programa de gestão da pesquisa científica.** *Gestão e Economia em Saúde*, v. 10, p. 480-490, p. 480-490, 2012.
- KHAN, N.; UMRYSH, B. M. **Improving animal research facility operations through the application of lean principles.** *ILAR Journal*, v. 49, n. 2, p. E15-E22, 2008.

- KIRCHAIN, S.; BOOTH, J., CRONIN, G., JARREL, D. **Lean Management: A Leader's Toolkit for Achieving Operational Excellence.** *Laboratory Animal Science Professional*, n.1, p. 30-32, 2021.
- DE KONING, H., VERVER, J. P., VAN DEN HEUVEL, J., BISGAARD, S., DOES, R. J. **Lean six sigma in healthcare.** *The Journal for Healthcare Quality*, v.28, n.2, p. 4-11, 2006.
- KOVACH, J. V.; DASH, A. **Using the lean six sigma methodology to reduce mouse cage sanitation time for animal care and use programs.** *Journal of the American Association for Laboratory Animal Science*, v. 58, n. 5, p. 551-557, 2019.
- LAUREANI, A.; BRADY, M.; ANTONY, J. **Applications of lean six sigma in an Irish hospital.** *Leadership in health services*, v. 26, n. 4, p. 322-337, 2013. <https://doi.org/10.1108/LHS-01-2012-00022013>.
- LIKER, J. K. **O modelo Toyota: 14 princípios de gestão do maior fabricante do mundo.** Bookman Editora, 2021.
- MARTINEZ, D, GITLOW, H. S. **Optimizing employee time in a purchasing department: a Six Sigma case study.** *International Journal of Lean Six Sigma*, v.2, n.2, p. 180-190, 2011.
- MATT, B. H.; WOODWARD-HAGG, H. K.; WADE, C. L.; BUTLER, P. D.; KOKOSKA, M. S. **Lean six sigma applied to ultrasound guided needle biopsy in the head and neck.** *Otolaryngology - Head and Neck Surgery*, v. 151, n. 1, p. 65-72, 2014.
- MORONI, F. T.; LOEBEL, E. **Arranjos organizacionais de biotérios em universidades públicas brasileiras.** *Revista Gestão Organizacional*, v. 10, n. 1, 2017. <https://doi.org/10.22277/rgo.v10i1.3674>
- OKPE, O.; KOVACH, J. V. **A redesign approach for improving animal care services for researchers.** *Journal of the American Association for Laboratory Animal Science*, v. 56, n. 4, p. 462-471, 2017.
- OLIVEIRA, R. I., SOUZA, S. O., CAMPOS, F. C. **Lean manufacturing implementation: bibliometric analysis 2007–2018.** *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, v. 101, p. 979-988, 2019. <https://doi.org/10.1007/s00170-018-2965-y>
- RATHI, R., VAKHARIA, A., SHADAB, M. **Lean six sigma in the healthcare sector: A systematic literature review.** *Materials Today: Proceeding*, v. 50, n. p. 773-781, 2022.
- ROHINI, R., MALLIKARJUN, J. **Six Sigma: Improving the Quality of Operation Theatre.** *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, v. 25, p. 273 – 280, 2011.
- SLACK, N., CHAMBERS, S., JOHNSTON, R. **Administração da Produção.** Atlas Editora, 2009

SNEE, R. D. **Lean Six Sigma – getting better all the time.** *International Journal of Lean Six Sigma*, v. 1, n. 1, p. 9–29, 2010.

TUMMALA, S.; GRANOWSKI, J. A. **Lean concepts for vivarium operational excellence.** *Lab Animal Sci Prof*, v. 2, p. 26-30, 2014.