57º SBPO
SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PESQUISA OPERACIONAL
Gramado • RS
DE 5 A 9 DE OUTUBRO DE 2025

SIMULAÇÃO A EVENTOS DISCRETOS COM FLEXSIM PARA AVALIAÇÃO DA APLICAÇÃO DE PRÁTICAS ENXUTAS EM UM SETOR ADMINISTRATIVO DE INSTITUIÇÃO FEDERAL DE ENSINO

[1]Luís Gustavo Freitas Soares da Silva; [1]Mariane Borim Lima; [1]César Mendes; [1]José Antonio de Queiroz; [2]Kátia Ribeiro Gonçalves de Almeida

luisgustavo612@gmail.com; ma.borim.lima@unifei.edu.br; cesarmendes@unifei.edu.br; ja.queiroz@unifei.edu.br; katia.ribeiro@ifmg.edu.br

[1]Universidade Federal de Itajubá
Av. BPS, 1303 - Pinheirinho, Itajubá - MG

[2]Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais – Campus Formiga
Rua Padre Alberico, 440 – São Luiz, Formiga - MG

RESUMO

Os princípios da Manufatura Enxuta ou *Lean Manufacturing* aplicados aos ambientes administrativos buscam eliminar desperdícios e aumentar a eficiência. Apesar dos benefícios, sua adoção enfrenta resistências, sobretudo pela dificuldade em visualizar os impactos das mudanças. Para contornar esse problema, este estudo propõe a integração da Simulação a Eventos Discretos (SED) ao Mapeamento do Fluxo de Valor (MFV) para avaliar a aplicação do pensamento enxuto no setor de Registros Escolares de um Instituto Federal. Foram modelados dois processos administrativos com elevados tempos de atravessamento ou *lead times*, por meio do *software* FlexSim. As simulações permitiram comparar os estados atual e futuro, evidenciando reduções de 93% e 47% nos *lead times*. Portanto, tais resultados indicam ganhos significativos de desempenho e demonstram que a integração entre SED e MFV é eficaz para antecipar os efeitos das melhorias e reduzir resistências à implementação, reforçando o potencial da aplicação do Pensamento Enxuto em ambientes administrativos.

PALAVRAS CHAVE. Simulação a Eventos Discretos (SED). Mapeamento do Fluxo de Valor (MFV). Eliminação de Desperdícios em Ambientes Administrativos.
SIM – Simulação

ABSTRACT

The principles of Lean Manufacturing applied to administrative environments aim to eliminate waste and increase efficiency. Despite its benefits, adoption often faces resistance, mainly due to difficulties in visualizing the impact of changes. To address this issue, this study proposes the integration of Discrete Event Simulation (DES) with Value Stream Mapping (VSM) to evaluate the application of lean thinking in the Academic Records department of a Federal Institute. Two administrative processes with high lead times were modeled using FlexSim software. The simulated scenarios enabled a comparison between the current and future states, showing lead time reductions of 93% and 47%. These results indicate significant performance gains and demonstrate that integrating DES and VSM is effective in anticipating the effects of improvements and reducing resistance to implementation, reinforcing the potential of applying Lean Thinking in administrative settings.

KEYWORDS. Discrete Event Simulation. Value Stream Mapping. Lean Office.
SIM – Simulation

DOI: 10.59254/sbpo-2025-212198
https://proceedings.science/p/212198?lang=pt-br

1. Introdução

A aplicação do Pensamento Enxuto ou *Lean Thinking* em ambientes administrativos tem ganhado destaque diante da necessidade crescente por eficiência e redução de desperdícios nos serviços públicos. Embora originado na manufatura, o Pensamento Enxuto tem se mostrado eficaz na racionalização de processos administrativos, conceito conhecido como Escritório Enxuto ou *Lean Office* [McManus 2005]. Contudo, a ausência de visibilidade clara dos fluxos de informação e o ceticismo quanto aos resultados esperados ainda constituem barreiras relevantes à sua adoção.

Neste contexto, a Simulação a Eventos Discretos (SED) surge como uma ferramenta complementar promissora, permitindo a análise prospectiva dos impactos da implementação enxuta sem a necessidade de mudanças reais no sistema. A integração da SED com o Mapeamento do Fluxo de Valor (MFV) permite uma abordagem sistemática para modelagem, experimentação e avaliação de melhorias, especialmente em setores onde os fluxos são complexos e não materiais.

Neste sentido, este trabalho tem como objetivo avaliar, por meio da SED no *software* FlexSim, os ganhos potenciais da aplicação de princípios enxutos em processos do setor de Gerência de Registros Escolares de uma instituição pública federal de ensino. Como objeto de estudo, foi escolhida a família de processos relacionada à emissão de históricos e diplomas, cujos *lead times* elevados e fluxo paralelo de atividades indicam alto potencial para melhoria.

A proposta metodológica empregada neste trabalho combina o método de Modelagem e Simulação adaptado por Souza (2020) com as etapas do MFV, estruturando a análise desde a construção do modelo conceitual até a avaliação estatística dos resultados dos modelos simulados. A proposta visa demonstrar como a integração entre SED e MFV pode apoiar decisões baseadas em dados e reduzir resistências à mudança em ambientes administrativos.

2. Referencial Teórico

O Pensamento Enxuto, derivado do Sistema Toyota de Produção (STP) [Ohno 1997], visa eliminar desperdícios e melhorar continuamente os processos. Inicialmente aplicado à manufatura, sob a denominação de Manufatura Enxuta ou *Lean Manufacturing*, o modelo expandiu-se para ambientes administrativos, sob o conceito de Escritório Enxuto ou *Lean Office*, que trata a informação como fluxo de valor [Tapping e Shuker 2003] [McManus 2005]. A aplicação em escritórios é desafiadora devido à intangibilidade das atividades e à dificuldade de visualização dos desperdícios [Oliveira 2008].

Segundo Hines e Taylor (2000), as atividades organizacionais podem ser classificadas em três tipos: aquelas que agregam valor sob a ótica do cliente; as que não agregam valor, mas são necessárias, devendo ser minimizadas; e as que não agregam valor e são desnecessárias, devendo ser eliminadas imediatamente, pois são desperdícios puros. No STP, os desperdícios são agrupados nos 3Ms: *Mudas* (desperdícios), *Muras* (irregularidades) e *Muris* (sobrecargas) [Dennis 2008]. Shingo (1996) define sete categorias principais de desperdícios, sendo elas: 1) superprodução; 2) transportes excessivos ou desnecessários; 3) estoques de matérias-primas, produtos em elaboração e produtos acabados; 4) movimentações excessivas ou desnecessárias; 5) materiais, processos e pessoas em espera; 6) inspeções, descartes ou retrabalhos; 7) superprocessamento ou processamentos desnecessários ou ineficientes.

No *Lean Office*, esses conceitos são adaptados ao contexto de fluxos intangíveis de informação e conhecimento [Turati 2006]. Nesse cenário, identificar desperdícios é mais complexo, uma vez que não há transformações físicas perceptíveis como na manufatura [Oliveira 2007]. Segundo McManus (2005), somente 30% das atividades administrativas geram valor, enquanto cerca de 40% são consideradas desperdícios. Para facilitar sua identificação, Keyte e Locher (2004) reinterpretaram os sete desperdícios de Ohno para o contexto de escritórios, abordando perdas como retrabalho informacional, aprovações redundantes e excesso de movimentações digitais e físicas.

De acordo com Womack e Jones (2004), o pensamento enxuto fundamenta-se em cinco princípios: especificação do valor, identificação da cadeia de valor, estabelecimento do fluxo contínuo, produção puxada e busca pela perfeição. O entendimento de valor, definido sob a

DOI: 10.59254/sbpo-2025-212198
https://proceedings.science/p/212198?lang=pt-br

perspectiva do cliente, é o ponto de partida para eliminar desperdícios, sendo necessário percorrer e mapear de forma crítica a cadeia produtiva, de modo a distinguir os tipos de atividades que a compõem.

Para eliminar os desperdícios de uma forma estruturada, Rother e Shook (2003) desenvolveram a técnica do Mapeamento do Fluxo de Valor (MFV), cuja aplicação ocorre em quatro etapas: 1) Escolha da Família de Produtos – trata-se da definição do escopo; 2) Desenho do Mapa do Estado Atual – etapa de diagnóstico, com o objetivo de identificar os desperdícios e suas causas-raiz; 3) Desenho do Mapa do Estado Futuro – etapa de planejamento, com o objetivo de definir melhorias alinhadas aos princípios enxutos capazes de eliminar as causas-raiz dos desperdícios; 4) elaboração e execução do plano de implementação – trata-se da execução das melhorias.

Dessa forma, ao representar o estado atual e projetar o estado futuro de um processo, o MFV configura-se como uma das principais ferramentas do Pensamento Enxuto para identificação e proposição de melhorias. No entanto, sua natureza estática limita a capacidade de captar variações temporais, fluxos paralelos e incertezas estocásticas inerentes a muitos processos administrativos, além de outras limitações [Guimarães et al. 2015] [Sá 2010]. Nesse contexto, a SED surge como ferramenta complementar, permitindo a modelagem de sistemas com recursos limitados, variações operacionais e múltiplos cenários, sem necessidade de intervenção real no processo [Chwif 1999]. Além de reduzir custos experimentais, a SED oferece uma visão sistêmica antecipada que apoia a avaliação de alternativas com base em dados simulados [Carvalho 2006] [Queiroz et al. 2012].

Estudos como os de Gennaro et al. (2017) e Rajakumar et al. (2005) evidenciam a aplicação conjunta de SED e MFV em ambientes industriais para apoiar decisões baseadas em desempenho simulado. Já no setor público, Souza (2020) demonstrou que essa integração possibilitou ganhos expressivos em processos administrativos, reduzindo significativamente o *lead time* por meio da digitalização documental. De forma similar, Solding e Gullander (2009) destacam que a aplicação combinada das ferramentas suprime limitações individuais e potencializa sua aplicabilidade em contextos complexos e não padronizados. Além de apoiar a tomada de decisão, a integração SED e MFV exemplifica o potencial das ferramentas da indústria 4.0 [Ferreira, 2022].

Neste trabalho, adota-se o modelo de Montevechi et al. (2010), adaptado por Souza (2020), que incorpora as etapas do MFV à lógica de modelagem da SED. Essa abordagem permite avaliar os efeitos de melhorias propostas de forma antecipada e sem risco, especialmente em processos administrativos com múltiplas entradas, fluxos paralelos e longos *lead times*, como os observados na instituição analisada.

3. Procedimentos metodológicos

Este estudo adota o método de Modelagem e Simulação proposto por Montevechi et al. (2010), com adaptações de Souza (2020) para integrar etapas do MFV ao *framework*. O objetivo é avaliar, de forma antecipada, os impactos da aplicação do Pensamento Enxuto em processos administrativos.

O método é estruturado em três fases principais: Modelagem Conceitual, Modelagem Computacional e Modelagem Operacional. Na primeira etapa, foram definidos os objetivos do estudo, selecionada a família de processos e construídos os modelos conceituais, elaborados através do MS Power Point com base no mapa do estado atual da linha, utilizando a notação IDEF-SIM [Leal et al. 2008]. Na modelagem computacional, os processos foram implementados no *software* FlexSim, que possibilita simulações com base em lógica discreta, *layout* real e recursos operacionais. Os dados de entrada foram obtidos por observação, registros históricos e cronometragens, sendo ajustados no *software* ExpertFit. Os modelos computacionais passaram por verificação lógica e validação estatística por meio de testes de normalidade e testes t, utilizando o Minitab. Na etapa final, a Modelagem Operacional, foram avaliados cenários com melhorias baseadas nos princípios enxutos, como células de trabalho, estoques FIFO (*First In, First Out*) e eliminação de desperdícios, com destaque para os retrabalhos, mensurando-se os impactos nos *lead*

DOI: 10.59254/sbpo-2025-212198
https://proceedings.science/p/212198?lang=pt-br

times médios. Por fim, realizaram-se testes de hipótese para verificar a significância das melhorias propostas.

O foco da aplicação foi a Gerência de Registros Escolares de uma instituição federal de ensino, especificamente os processos de emissão de históricos e diplomas, caracterizados por altos *lead times* e fluxos paralelos. O detalhamento das etapas iniciais do MFV foi conduzido em parceria com outra pesquisadora, sendo a modelagem computacional e análise estatística de responsabilidade deste trabalho.

4. Aplicação e análise dos resultados

Esta seção descreve a aplicação do método de Modelagem e Simulação adaptado por Souza (2020), estruturado em três fases: Modelagem Conceitual, Computacional e Operacional. O objeto de estudo é a Gerência de Registros Escolares do IFMG – Campus Bambuí, com foco nos processos de emissão de históricos e diplomas.

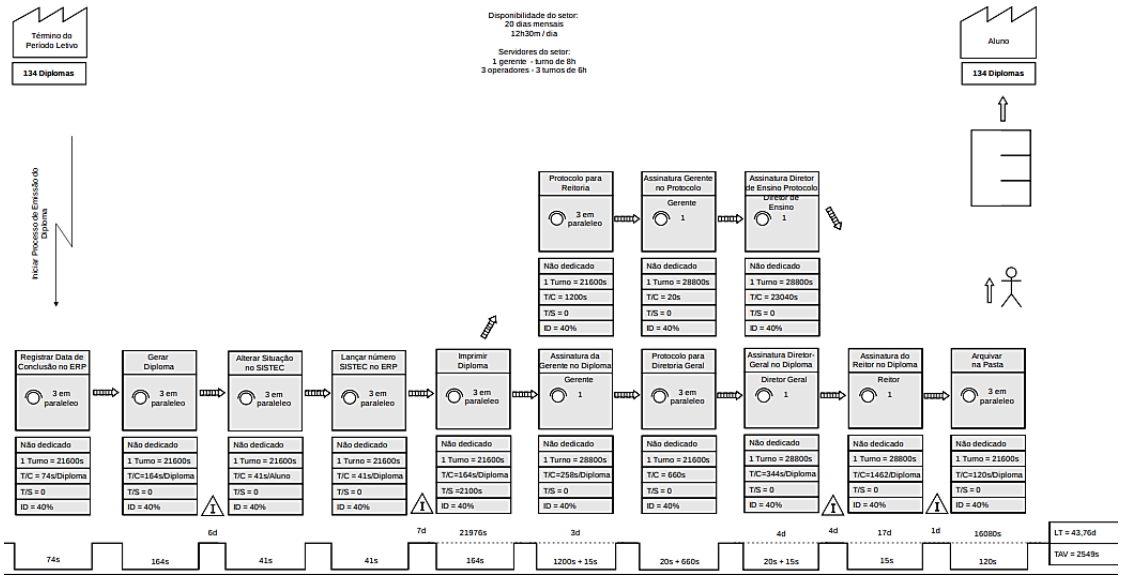
4.1. Modelagem conceitual

Como primeira fase, define-se o objetivo do estudo que foi avaliar, por meio da SED, os ganhos advindos da aplicação de princípios enxutos nos processos administrativos do setor. Como descrito, a modelagem visa antecipar os resultados da implementação das melhorias sem intervenções no sistema real.

Para o estudo, foram selecionadas duas famílias de processos: Emissão de Históricos Escolares e Emissão de Diplomas. Ambas ocorrem no final de cada período letivo e são caracterizadas por elevada duração e execução paralela. A família de Emissão de Matrículas, embora modelada, foi analisada em outro trabalho [Almeida 2021].

A partir disso, foram elaborados mapas atuais individuais para cada processo, apresentados nas Figuras 1 e 2, utilizando a metodologia de Rother e Shook (2003). No processo de Emissão de Históricos, o *lead time* médio registrado foi de 53,71 dias. As atividades envolvem conferência de notas e documentos, apuração de resultados, geração, impressão e assinatura de históricos, finalizando com o arquivamento. O processo de Emissão de Diplomas inicia-se após a apuração dos históricos e segue com registros nos sistemas *Enterprise Resource Planning* (ERP) e Sistema Nacional de Informações da Educação Profissional e Tecnológica (Sistec), impressão, múltiplas etapas de assinatura e envio por malote à reitoria. O *lead time* foi de 43,76 dias. Ambos os fluxos envolvem tarefas não dedicadas, executadas por operadores em paralelo.

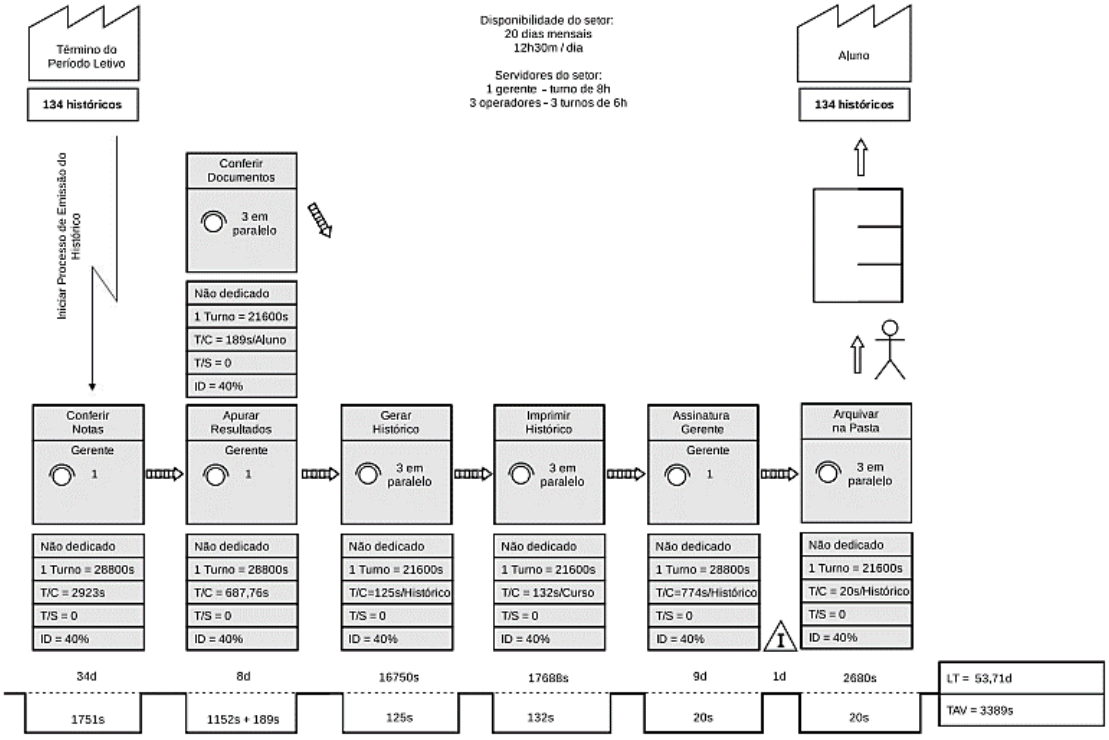
Figura 1: MFV Estado Atual Emissão de Diplomas



Fonte: Almeida, 2021.

DOI: 10.59254/sbpo-2025-212198
https://proceedings.science/p/212198?lang=pt-br

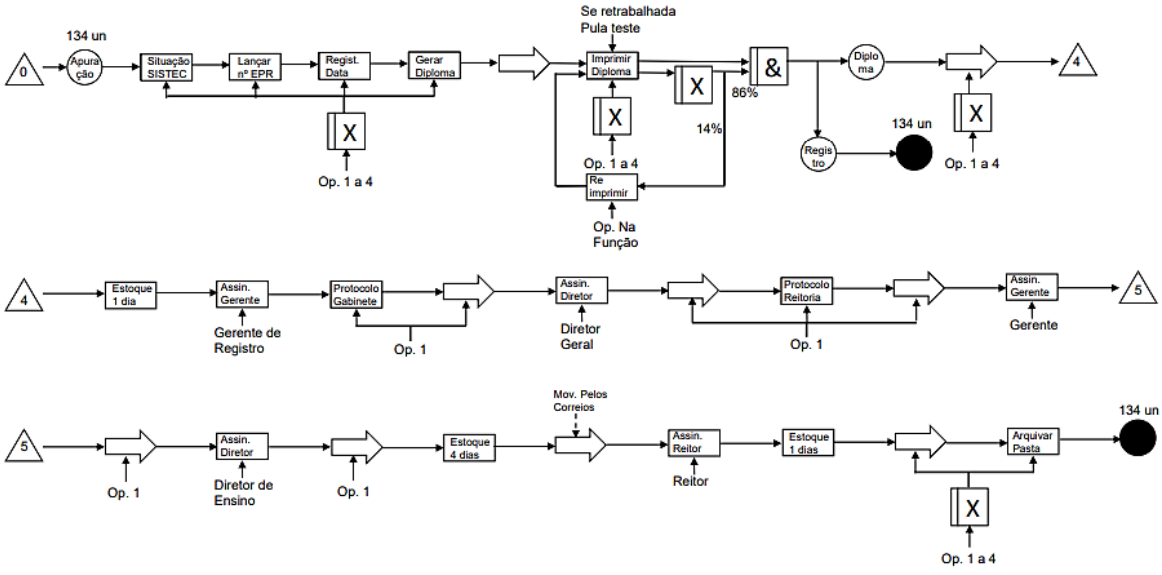
Figura 2: MFV Estado Atual Emissão de Históricos



Fonte: Almeida, 2021.

Utilizando a notação IDEF-SIM [Leal et al. 2008], foram construídos modelos conceituais em PowerPoint, com base nos MFVs, dispostos nas Figuras 3 e 4. A padronização da simbologia proposta pela metodologia facilitou a transição para a modelagem computacional e sua validação foi realizada pelo método face a face [Chwif e Medina 2014] com um gerente do setor, que confirmou a aderência dos modelos ao processo real. Uma vez validados, os modelos foram documentados em PDF.

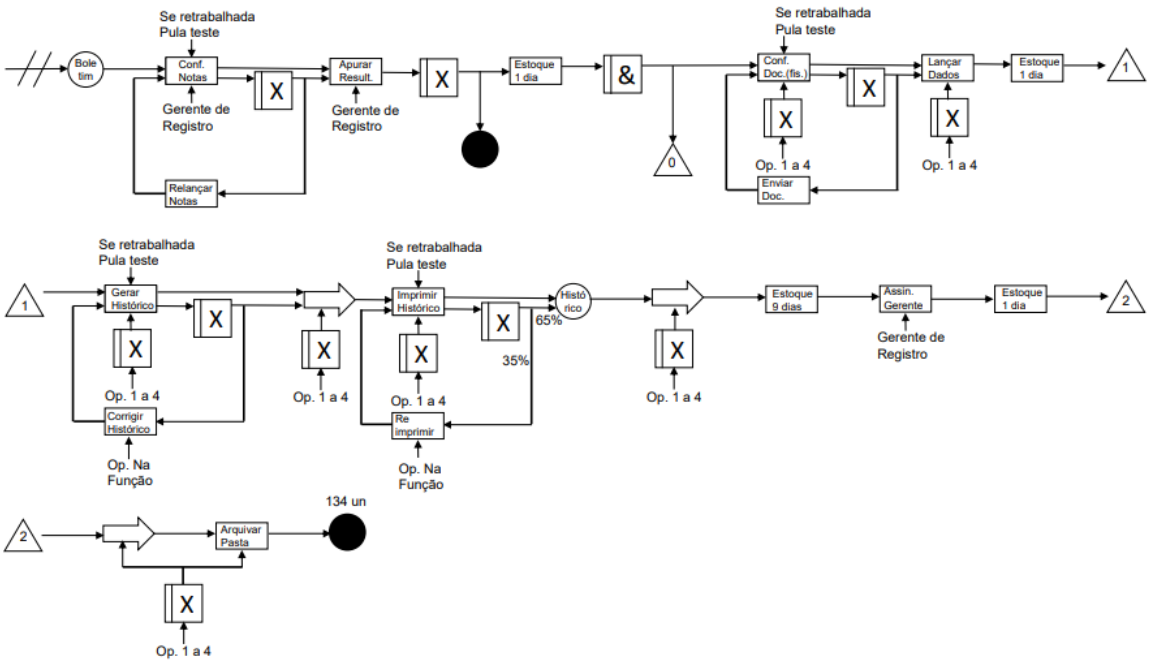
Figura 3: Modelo Conceitual IDEF-SIM do Estado Atual da Emissão de Diplomas



Fonte: Autores.

DOI: 10.59254/sbpo-2025-212198
https://proceedings.science/p/212198?lang=pt-br

Figura 3: Modelo Conceitual IDEF-SIM do Estado Atual da Emissão de Históricos



Fonte: Autores.

Para a modelagem dos dados de entrada foram feitas coletas de dados por observação direta, cronometragem e registros do ERP. As amostras foram ajustadas em curvas representativas no *software* ExpertFit. Devido a limitações na coleta dados, a quantidade de algumas amostras foi inferior a ideal. Nestes casos, utilizaram-se distribuições triangulares (com parâmetros mínimos, máximos e modais) validadas com apoio de especialistas do setor. Ao fim desta fase, as variáveis determinísticas dos MFVs foram transformadas em distribuições estocásticas para a construção dos modelos computacionais.

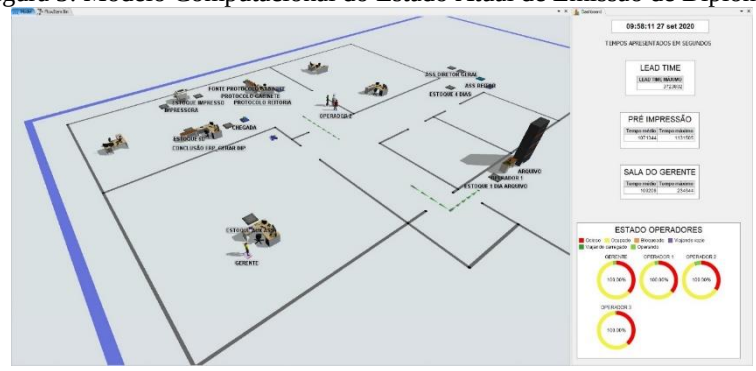
4.2. Modelagem computacional

Os modelos computacionais foram desenvolvidos no *software* FlexSim, reproduzindo o layout real do setor e os fluxos operacionais. A escolha do *software* para construção dos modelos computacionais se deu em razão de sua disponibilidade institucional, facilidade de uso e interface gráfica que facilita a visualização e compreensão do processo simulado. A movimentação dos funcionários, recursos físicos e fluxos de informação foram representados graficamente. Cada processo foi modelado individualmente, respeitando a disponibilidade compartilhada dos funcionários e os respectivos turnos.

Para ambos os processos, as atividades foram parametrizadas com suas distribuições estocásticas, considerando tempos de execução, deslocamentos e esperas, incluindo interações com a gerente, impressora e setores administrativos. Foi considerada uma demanda de 134 registros, relativa ao ano anterior. Os gráficos internos ao *software* permitiram o monitoramento do sistema modelado, como pode ser observado nas Figuras 5 e 6. Os modelos foram verificados quanto à consistência lógica e coerência com os modelos conceituais, não sendo encontrados erros estruturais ou de programação, o que permitiu a continuidade das atividades subsequentes.

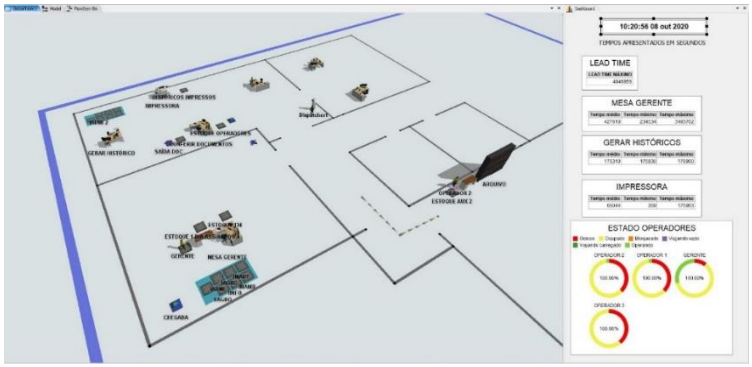
DOI: 10.59254/sbpo-2025-212198
https://proceedings.science/p/212198?lang=pt-br

Figura 5: Modelo Computacional do Estado Atual de Emissão de Diplomas



Fonte: Autores.

Figura 6: Modelo Computacional do Estado Atual de Emissão de Históricos



Fonte: Autores.

Conforme Leal et al. (2011), todos os modelos computacionais foram configurados sob as mesmas condições do sistema real, simulando os processos de forma a reproduzir seus resultados. Na etapa de validação, foram realizados 25 experimentos para cada modelo. Após tratamento de *outliers*, 20 dados válidos foram submetidos a testes de normalidade no Minitab®. A escolha do *software* baseou-se em sua disponibilidade na instituição, facilidade de uso e ampla aceitação na literatura e na prática profissional.

Após os testes, o modelo de Emissão de Históricos apresentou p-valor de 0,289, não apresentando evidências estatísticas para refutar a hipótese nula e confirmando normalidade. O modelo de Emissão de Diplomas apresentou p-valor < 0,005, não permitindo assumir normalidade. Todavia, devido ao pequeno tamanho da amostra e com base no Teorema do Limite Central, os testes t foram mantidos. Os resultados estão apresentados na Figura 7.

Figura 5: Resultados dos Testes de hipótese 1-*sample t* (Estados Atuais)

One-Sample T: LT Diploma

```
Test of μ = 43,76 vs ≠ 43,76

Variable     N    Mean  StDev  SE Mean       95% CI           T      P
LT Diploma  20  43,047  2,057    0,460  (42,085; 44,010)  -1,55  0,138
```

One-Sample T: LT Histórico

```
Test of μ = 53,71 vs ≠ 53,71

Variable       N    Mean  StDev  SE Mean       95% CI           T      P
LT Histórico  20  53,529  0,475    0,106  (53,307; 53,751)  -1,71  0,104
```

Fonte: Autores.

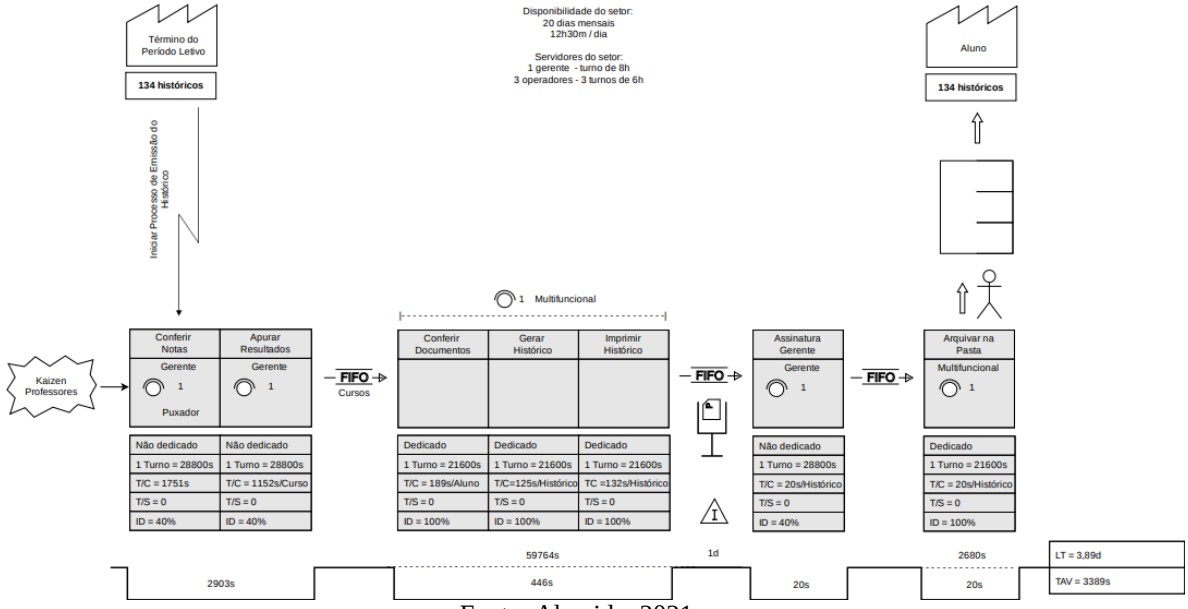
DOI: 10.59254/sbpo-2025-212198
https://proceedings.science/p/212198?lang=pt-br

Os testes 1-*sample t* (nível de confiança de 95%) indicaram que não há diferença estatística entre os tempos simulados e os tempos reais, validando os modelos do estado atual. Com essa validação, é possível afirmar a compatibilidade entre simulação e sistema real, o que permite a utilização do modelo para estimar o resultado das melhorias propostas.

4.3. Modelagem operacional

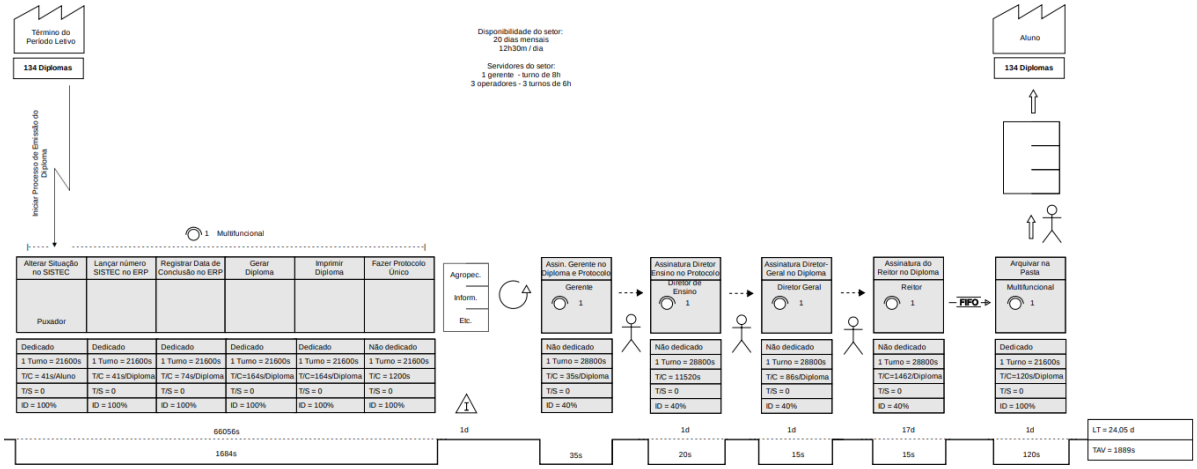
Com base nos desperdícios identificados, foram propostas melhorias segundo os princípios enxutos: criação de células de trabalho, uso de canaletas FIFO, estoques do tipo supermercado, cartões *kanban* e eventos *kaizen*. As melhorias foram listadas e propostas em conjunto com Almeida (2021) em sua pesquisa de mestrado. Os MFVs futuros preveem uma redução de 92,8% no Lead Time do processo de Emissão de Históricos (de 53,71 para 3,89 dias) e de 45% na Emissão de Diplomas (de 43,76 para 24,05 dias), como apresentado nas Figuras 8 e 9. Modelos IDEF-SIM foram desenvolvidos com as melhorias propostas.

Figura 8: MFV do Estado Futuro para o processo de Emissão de Históricos



Fonte: Almeida, 2021.

Figura 9: MFV do Estado Futuro para o processo de Emissão de Diplomas



Fonte: Almeida, 2021.

DOI: 10.59254/sbpo-2025-212198
https://proceedings.science/p/212198?lang=pt-br

Destacam-se a redução de deslocamentos, eliminação de retrabalhos e integração de atividades em células dedicadas. Esses modelos serviram de base para a modelagem computacional futura. Os modelos de estado futuro foram construídos no FlexSim com base nos modelos já validados. No processo de Históricos, foram criadas células para conferência e geração dos documentos, além de canaletas FIFO. No processo de Diplomas, foi estruturada uma célula única com operador dedicado, implementado um estoque supermercado e unificado o protocolo. Todas as alterações visaram a redução de estoques intermediários e melhoria do fluxo.

Foram realizados 25 experimentos por modelo futuro, resultando em 20 dados tratados por processo. Assumindo a normalidade dos dados, foram aplicados testes 1-*sample t* unilaterais. Os três testes apresentaram p-valor = 0,000, indicando que os *lead times* futuros são significativamente menores que os atuais, validando a efetividade das melhorias. Os resultados dos testes podem ser visualizados na Figura 10.

Figura 10: Resultados dos Testes de hipótese 1-*sample t* (Estados Futuros)

One-Sample T: LT DIPLOMA FUTURO

```
Test of μ = 43,76 vs < 43,76

Variable            N    Mean  StDev  SE Mean  95% Upper Bound       T      P
LT DIPLOMA FUTURO  20  22,646  1,695    0,379           23,301  -55,71  0,000
```

One-Sample T: LT HISTÓRICO FUTURO

```
Test of μ = 53,71 vs < 53,71

Variable              N    Mean   StDev  SE Mean  95% Upper Bound        T      P
LT HISTÓRICO FUTURO  20  3,5027  0,4241   0,0948           3,6667  -529,48  0,000
```

Fonte: Autores.

A simulação demonstrou que a aplicação dos princípios enxutos, combinada ao uso da SED e do MFV, permite ganhos expressivos em eficiência ao setor, sem a necessidade de grandes investimentos nas propostas. A simulação integrada das melhorias resultou em uma redução de 70,42 dias no *lead time* total, representando uma diminuição de 72,92% em relação aos 96,56 dias registrados nos processos originais. A redução dos *lead times*, a organização do fluxo e o melhor aproveitamento dos recursos humanos indicam o potencial da abordagem para ambientes administrativos públicos. Na Tabela 1 é possível visualizar um comparativo para cada modelo construído entre as médias dos tempos atuais e futuros apresentados junto às diferenças, para melhor evidenciar esta melhoria nos tempos. O escopo deste trabalho limita-se à avaliação dos resultados em ambiente simulado. A elaboração de um plano de implementação real constitui proposta para estudos futuros, com base nos modelos e resultados validados.

Tabela 1: Comparativos das Médias dos *lead times* dos modelos computacionais validados

Modelo	Média atual (dias)	Média futura (dias)	Diferença (dias)	Diferença (%)
Emissão de Históricos ao Final do Período Letivo	53,52	3,5	50,02	93,46%
Emissão de Diplomas ao Final do Período Letivo	43,04	22,64	20,4	47,39%

Fonte: Autores.

5. Conclusões e propostas para trabalhos futuros

Este trabalho demonstrou a aplicabilidade da Simulação a Eventos Discretos (SED), integrada ao Mapeamento do Fluxo de Valor (MFV), como ferramenta eficaz para avaliação prévia da implementação dos princípios enxutos em processos administrativos de uma instituição federal de ensino. A abordagem adotada permitiu identificar gargalos e desperdícios por meio do mapeamento detalhado dos processos, traduzidos em lógica estruturada com auxílio da notação IDEF-SIM, o que facilitou a transição para os modelos computacionais desenvolvidos em FlexSim.

DOI: 10.59254/sbpo-2025-212198
https://proceedings.science/p/212198?lang=pt-br

A utilização da SED permitiu simular cenários futuros de melhoria sem intervenção direta no processo real. A análise estatística validou os modelos simulados e comprovou a efetividade das melhorias propostas. Os resultados indicaram reduções expressivas de *lead time*: 92,8% no processo de emissão de históricos e 45% no de diplomas, evidenciando o impacto positivo da aplicação do pensamento enxuto em ambientes administrativos, mesmo sem grandes investimentos estruturais. Além de validar a combinação metodológica proposta, os resultados contribuem para mitigar uma das principais barreiras à adoção do *Lean Office*: a resistência cultural motivada pela ausência de previsibilidade de resultados. A simulação, nesse contexto, atua como ferramenta estratégica para sustentar decisões de melhoria com base em evidências. Para trabalhos futuros, recomenda-se o planejamento prévio de um protocolo robusto de coleta, prevendo fontes, formatos e amostragens adequadas às demandas de modelagem e validação.

Ainda que o foco deste estudo tenha sido a redução de *lead times*, análises futuras poderão incluir indicadores complementares, como tempo médio de espera por atividade, taxa de utilização de recursos e produtividade por operador, ampliando a compreensão dos ganhos operacionais proporcionados pelas intervenções. Uma análise robusta poderá dimensionar de forma mais sistêmica os benefícios da aplicação da integração entre SED e MFV.

Por fim, este estudo pretende servir como referência para a replicação do método em outras unidades da administração pública ou setores privados com estrutura similar. Recomenda-se, como continuidade, a implementação das melhorias propostas no sistema real, bem como a aplicação do método às demais famílias de processos do setor, consolidando a cultura de melhoria contínua com apoio de ferramentas de modelagem e simulação.

6. Agradecimentos

Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG) pelo apoio financeiro e institucional concedido ao desenvolvimento desta pesquisa.

Referências

Almeida, K. R. G. Utilização da simulação a eventos discretos no planejamento e avaliação dos resultados esperados pela proposta de aplicação do pensamento enxuto no setor de registro escolar em um instituto federal de ensino superior. Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Itajubá, Itajubá, MG, 2021.

Carvalho, L. S. de. Análise das potencialidades e vantagens do uso da simulação computacional em operações logísticas complexas, como ferramenta de auxílio à tomada de decisões: estudo de caso em uma organização industrial. Dissertação (mestrado) – Universidade Federal da Bahia, Escola de Administração, Salvador, BH, 2006. Disponível em: <https://repositorio.ufba.br/ri/handle/ri/10227>. Acesso em: mai. 2025.

Chwif, L. Redução de Modelos de Simulação de Eventos Discretos na sua Concepção: Uma abordagem causal. Dissertação (doutorado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, SP, 1999. Disponível em: <https://livrosimulacao.eng.br/download/tese_chwif.pdf>. Acesso em: mai. 2025.

Chwif, L.; Medina, A. C. Modelagem e Simulação de eventos discretos: teoria e aplicações. 4ed. São Paulo: Editora dos Autores, 2014.

Dennis, P. Produção Lean simplificada. 2. Ed. Porto Alegre: Bookman, 2008.

Ferreira, W. P.; Armellini, F.; Santa-Eulalia, L. A.; Thomasset-Laperrière, V. Extending the lean value stream mapping to the context of Industry 4.0: An agent-based technology approach. 2022. In: Journal of Manufacturing Systems, v. 63, p. 1–14. Elsevier, 2022.

Gennaro, C. K.; Correa, M. S.; DE Oliveira, M. C.; Helleno, A. L. Aplicação da Simulação de Eventos Discretos para propostas de melhorias numa linha de montagem de uma empresa do setor automotivo. In: Revista Exacta – EP, São Paulo, v. 15, n. 1, p. 47-56, 2017.

DOI: 10.59254/sbpo-2025-212198
https://proceedings.science/p/212198?lang=pt-br

Guimarães, L. S.; Carvalho, J. A. D.; Medeiros, H. S.; Santana, A. F. B.; Colares, C. B. A utilização do Diagrama de Identificação de Desperdícios em substituição ao Mapa de Fluxo de Valor: Estudo de caso em uma fábrica de concentrados de refrigerantes. In: Revista Produto e Produção v.16, n.3, 2015.

Hines, P.; Taylor, D. Going lean. 1. Ed. Cardiff: Lean Enterprise Research Centre, 2000.

Keyte, B.; Locher, D. The complete lean enterprise. 1 ed. New York: Productivity Press, 2004.

Leal, F.; Almeida, D. A. de e Montevechi, J. A. B. (2008). Uma proposta de técnica de modelagem conceitual para a simulação através de elementos do IDEF. In: Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional, João Pessoa-PB: Anais XL.

Leal, F.; Costa, R. F. S.; Montevecchi, J. A. B.; Almeida, D. A. A.; Marins, F. A. A Pratical guide for operational validation of discrete simulation models. Pesquisa Operacional, v. 31, p 57-77, 2011.

McManus, H. L. Product development value stream mapping (PDVSM) manual. Cambridge: The Lean Aerospace Initiative, 2005.

Montevechi, J. A. B.; Leal, F.; Pinho, A. F.; Costa, R. F.; Oliveira, M. L. O.; Silva, A. L. F. Conceptual modeling in simulation projects by mean adapted IDEF: An application in a Brazilian tech company. In: Winter Simulation Conference. Proceedings. Baltimore, MD: 2010.

Ohno, T. O Sistema Toyota de Produção. 1. Ed. Porto Alegre: Bookman, 1997.

Oliveira, C. S. Aplicação de técnicas de simulação em projetos de manufatura enxuta. In: Estudos Tecnológicos – Vol. 4, n° 3: 204-217 (set/dez. 2008).

Oliveira, J. D. Escritório Enxuto (Lean Office). 2007. Lean Institute Brasil. Disponível em: <http://www.lean.org.br/artigos/57/escritorio-enxuto-(lean-office).aspx>. Acesso em: mai. 2025.

Queiroz, J. A.; Miranda, R. C. Integração da Simulação a Eventos Discretos ao Value Stream Mapping: Uma proposta metodológica. In: Encontro Nacional de Engenharia de Produção, Salvador: ABEPRO, 2013.

Rajakumar, S.; Arunachalan, V.P.; Selladurai, V. 2005. Simulation of Workflow balancing in assembly shopfloor operations. Journal of Manufacturing Technology Management, 16(3):265-281.

Rother, M.; Shook, J.; Aprendendo a Enxergar: Mapeando o fluxo de valor para agregar valor e eliminar o desperdício, Versão 1.3, The Lean Enterprise Institute, INC, 2003.

Sá, J. C. V. Modelo de análise e diagnóstico de uma unidade produtiva. Dissertação (Mestrado) – Curso de Engenharia Industrial (Qualidade, Segurança e Manutenção): Universidade do Minho, Braga, PT, 2010.

Shingo, S. O Sistema Toyota de Produção do ponto de vista da Engenharia de Produção. 2. Ed. Porto Alegre: Bookman, 1996.

Solding, P.; Gullander, P. Concepts for simulation based value stream mapping. In: Simulation Conference (WSC), Proceedings of the 2009 Winter. IEEE, 2009. P. 2231-2237.

Souza; J. M. de (2020). A Simulação a Eventos Discretos integrada ao Mapeamento do Fluxo de Valor para melhorar o desempenho de processo no Setor Público Federal. Dissertação (Trabalho Final de Graduação). Universidade Federal de Itajubá (UNIFEI), Itajubá, MG, 2020.

Tapping, D.; Shuker, T. Value stream management for the lean office: 8 steps to planning, mapping, and sustaining lean improvements in administrative areas. Ed. New York: Productivity Press, 2003.

Turati, R. C.; Musetti, M. A. Aplicação dos conceitos de Lean Office no setor administrativo público. In: Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 2006. Fortaleza: ABEPRO, 2006.

Womack, J. P.; Jones, D. T. A mentalidade enxuta nas empresas: elimine o desperdício e crie riqueza. 5 ed. Rio de Janeiro: Campus, 2004.

DOI: 10.59254/sbpo-2025-212198
https://proceedings.science/p/212198?lang=pt-br