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

ANÁLISE COMPARATIVA DE DUAS FERRAMENTAS DE SIMULAÇÃO DE EVENTOS DISCRETOS SOB A ÓTICA DO TEMPO DE DESENVOLVIMENTO E DE EXECUÇÃO

Wilson Inacio Pereira
Simulate Tecnologia de Simulação
Alameda Terracota, 185 - sala 1213 - Cerâmica
São Caetano do Sul, 09531-190, SP, Brasil
wilson@simulate.com.br

Leonardo Chwif
Simulate Tecnologia de Simulação
Alameda Terracota, 185 - sala 1213 - Cerâmica
São Caetano do Sul, 09531-190, SP, Brasil
leonardo@simulate.com.br

Julio Alberto Godofredo
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Avenida Sete de Setembro, 3165 - Rebouças
Curitiba, 80230-901, PR, Brasil
juliogodofredo@alunos.utfpr.edu.br

RESUMO

Este artigo descreve uma análise comparativa de duas ferramentas de simulação de eventos discretos conceitualmente distintas (2D e 3D), aplicadas a um mesmo problema de fluxo de caminhões em uma área de recebimento e processamento de insumos de uma planta industrial. Enquanto a literatura descreve técnicas de comparação de softwares de simulação focando suas funcionalidades, o presente artigo usou uma abordagem inédita para comparar os tempos gastos no desenvolvimento dos modelos e na execução das simulações em cada ferramenta. Constatou-se que os dois modelos produzidos, equivalentes em estrutura e resultados de saída, tiveram tempos equivalentes de execução da simulação. A ferramenta 2D exigiu um tempo de desenvolvimento de cerca de 2/3 do tempo requerido pela ferramenta 3D.

PALAVRAS-CHAVE. Simulação de eventos discretos, desenvolvimento de modelo de simulação, comparação de softwares de simulação.

Tópicos. Simulação. Logística e Transportes.

ABSTRACT

This paper describes a comparative analysis of two conceptually distinct discrete event simulation tools (2D and 3D), applied to the same truck flow problem in a receiving and processing area of an industrial plant. While the literature describes techniques for comparing simulation software focusing on their functionalities, this paper used a novel approach to compare the time spent on developing the models and running the simulations in each tool. It was found that the two models produced, equivalent in structure and output results, had equivalent simulation execution times. The 2D tool required a development time of about 2/3 of the time required by the 3D tool.

KEYWORDS. Discrete-event simulation. Simulation model development. Simulation software comparison.

DOI: 10.59254/sbpo-2025-212461
https://proceedings.science/p/212461?lang=pt-br

Paper topics. Simulation. Transportation and Logistics

DOI: 10.59254/sbpo-2025-212461
https://proceedings.science/p/212461?lang=pt-br

1. Introdução

A Simulação de Eventos Discretos (SED) é uma técnica consolidada da Pesquisa Operacional capaz de gerar modelos de sistemas reais ou projeto de sistemas que apresentem relações dinâmicas, aleatórias e complexas, permitindo sua experimentação computacional para apoio à tomada de decisões. O sucesso de um estudo de simulação que utilize SED depende, entre outros fatores, da escolha da ferramenta computacional usada para sua implementação.

Neste trabalho, pretende-se comparar os dois principais softwares de SED disponíveis atualmente, amplamente adotados na academia e na indústria, em relação aos tempos gastos no desenvolvimento de um modelo e execução de sua simulação. A escolha dos softwares se justifica, não apenas pela sua ampla adoção, mas pelo fato de que suas diferenças metodológicas oferecem uma base rica para comparação, focada na derivação de como estas características podem influenciar no tempo de desenvolvimento de um modelo e tempo de execução da simulação. Assim, a comparação não está focada nas características construtivas dos softwares. Por fim, foram adotadas estratégias que garantem a equivalência lógica entre os dois modelos desenvolvidos.

O artigo está estruturado da seguinte forma: a Seção 2 estabelece fundamentações teóricas sobre a SED e formas de comparação entre ferramentas de simulação. A Seção 3 descreve a metodologia de comparação proposta para os softwares de simulação escolhidos, incluindo uma descrição detalhada da situação-problema utilizada. Na Seção 4, são apresentados os resultados da comparação entre as ferramentas. Por fim, a Seção 5 sintetiza e discute os achados principais, estabelece sua relevância para profissionais e pesquisadores em simulação e fornece sugestões para trabalhos futuros.

2. Fundamentação Teórica

2.1. Simulação de Eventos Discretos

A simulação é uma das técnicas mais utilizadas da Pesquisa Operacional, especialmente aplicável na análise de sistemas estocásticos (que evoluem probabilisticamente ao longo do tempo), muito complexos para serem analisados satisfatoriamente por modelos matemáticos [Hillier e Lieberman 2013]. Trata-se de uma abordagem amplamente usada em domínios como manufatura, logística, serviços de saúde e cadeias de suprimentos, permitindo a avaliação de diferentes cenários operacionais sem a necessidade de intervenções diretas nos sistemas reais. A simulação pode ser usada na fase de projeto de sistemas, antes de sua construção, como ferramenta de análise e de previsão do efeito de mudanças em sistemas existentes ou como ferramenta de projeto, para prever o desempenho de sistemas não existentes [Banks et al. 2009].

O escopo deste trabalho envolve apenas simulações computacionais, ou seja, aquelas que necessitam de um computador para serem realizadas. Neste tipo de simulação, métodos numéricos são usados para gerar um histórico artificial da operação de um sistema a partir de certas premissas; as observações coletadas podem ser utilizadas para estimar as medidas de desempenho do sistema real [Banks et al. 2009].

No âmbito da Pesquisa Operacional, as principais categorias de simulação são contínuas e as de eventos discretos. Em uma simulação contínua, as mudanças no estado do sistema modelado acontecem continuamente ao longo do tempo, enquanto em uma simulação de eventos discretos, as mudanças ocorrem de forma instantânea, em instantes de tempo aleatórios, como resultado da ocorrência de determinados eventos. A maioria das aplicações de simulação na Pesquisa Operacional são simulações de eventos discretos [Hillier e Lieberman 2013]. A partir deste ponto deste artigo, subtende-se que o termo simulação se irá se referir à simulação de eventos discretos.

2.2. Modelos e Metodologia de Simulação

Segundo Banks et al. [2009], um sistema pode ser entendido como um grupo de objetos unidos para a realização de algum propósito. Em geral, sistemas representam situações reais, que existem fisicamente, mas nada impede que se projete (e simule) sistemas hipotéticos. Uma vez

DOI: 10.59254/sbpo-2025-212461
https://proceedings.science/p/212461?lang=pt-br

desenvolvido e validado, um modelo pode ser usado para investigar uma ampla variedade de questões hipotéticas sobre o sistema do mundo real. Possíveis mudanças no sistema podem ser simuladas antecipadamente, a fim de prever seu impacto no desempenho do sistema.

Para simular a operação de um sistema é preciso que se construa um modelo do sistema, ou seja, uma representação simplificada do sistema, para fins de estudo. Um modelo deve ser sempre mais simples do que o sistema em questão, capturando apenas seus aspectos mais importantes. Por outro lado, um modelo deve ser suficientemente detalhado para permitir que sejam conclusões válidas tiradas sobre o sistema real [Chwif e Medina 2014].

As etapas recomendadas para ser obter resultados válidos em estudos de simulação são denominadas na literatura como “metodologias de simulação”. Por exemplo, Robinson [2004] propõe uma metodologia com quatro etapas:

1. Modelagem conceitual: produção de um modelo conceitual, que é uma descrição do modelo a ser desenvolvido.
2. Codificação do modelo: construção de um modelo computacional, cuja simulação será executada em um computador.
3. Experimentação: produção de resultados e/ou compreensão sobre o sistema simulado.
4. Implementação: aplicação, no mundo real, das soluções e/ou compreensão adquirida.

Neste trabalho, será considerada a proposta de metodologia de Chwif e Medina [2014], ilustrada na Figura 1.

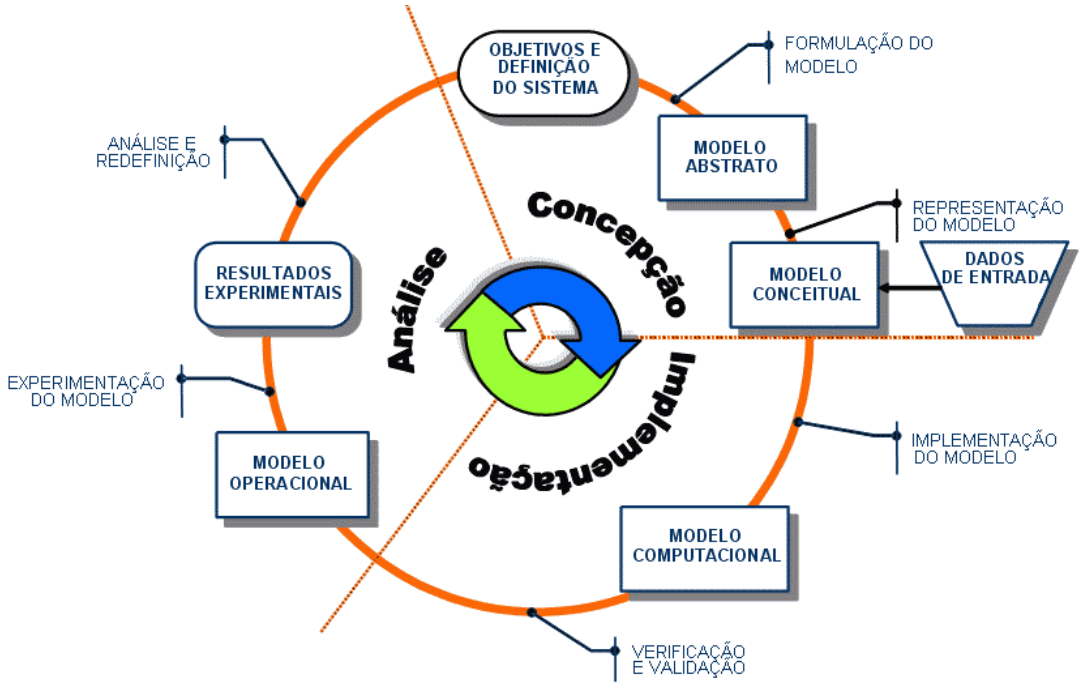


Figura 1 - Metodologia de simulação. Fonte: adaptado de Chwif e Medina [2014].

Como este artigo trata da comparação entre a implementação de modelos de simulação em softwares distintos, as etapas de interesse são o desenvolvimento do modelo computacional, que reflete fielmente a representação conceitual do sistema modelado e do modelo operacional, cujos resultados podem ser analisados estatisticamente. Todas as etapas da fase de concepção (definição de objetivos, modelagem conceitual e modelagem de dados de entrada) serão representadas por uma descrição textual.

DOI: 10.59254/sbpo-2025-212461
https://proceedings.science/p/212461?lang=pt-br

2.3. Comparações entre Ferramentas de Simulação

Diferentes softwares de simulação oferecem diferentes recursos de modelagem, capacidades analíticas, desempenho computacional e facilidade de uso, o que pode afetar significativamente os resultados e a utilidade prática do estudo [Borshchev 2013]. Neste contexto, a escolha da ferramenta de simulação assume um papel estratégico. Fatores como usabilidade, flexibilidade, capacidade de integração com outras plataformas, suporte a experimentos e geração de relatórios são fatores decisivos na definição do software mais adequado a cada tipo de problema. Além disso, estudos comparativos entre ferramentas são fundamentais para orientar pesquisadores e profissionais quanto às vantagens e limitações de cada alternativa tecnológica, considerando tanto aspectos técnicos quanto operacionais [Kotiadis et al. 2014].

Segundo Robinson [2004], a escolha do software depende da natureza do estudo a ser realizado. Nesta linha de raciocínio, Silva [2007] propôs um método de seleção de softwares de SED voltados à resolução de problemas logísticos, pois, segundo o autor, "os trabalhos disponíveis na Literatura abordam somente a escolha de *softwares* para fins genéricos". Com base em listas de critérios essenciais e análise hierárquica (AHP), o autor propôs um método de duas fases capaz de definir pontuações para softwares de SED de uso geral quando aplicados em problemas logísticos. Outra proposta de metodologia de seleção em duas fases é feita por Guimarães et al. [2018], neste caso, para industrias de manufatura. Para os autores, empresas que pretendam utilizar softwares de simulação devem, primeiramente, avaliar seus processos internos atuais com base em um modelo de maturidade que mensure a qualidade dos processos da empresa e o grau de qualificação dos técnicos que irão trabalhar com o software de simulação; em uma segunda etapa, aplica-se o processo hierárquico analítico (AHP) para auxiliar na seleção do software. Os autores fazem a ressalva de que a metodologia proposta, apesar de se revelar útil, deve ser revista continuamente, em função da evolução tecnológica dos softwares e hardwares de simulação de eventos discretos.

Para Yücesan e Fowler [2000], a manufatura e a logística constituem a maior área de aplicação da simulação, o que justifica a existência de diversos pacotes de software voltados para esse domínio, tanto de uso geral como concebidos exclusivamente para tais aplicações. A grande disponibilidade de softwares de simulação comercial permite selecionar um pacote de acordo com cinco características desejáveis:

- Recursos gerais: capacidade de incorporar características operacionais diversas ao modelo, facilidade de desenvolvimento, tamanho máximo, velocidade de execução e portabilidade para diferentes plataformas de hardware;
- Animação: recurso útil para a depuração e validação de modelos, além do treinamento de pessoal operacional e apresentação de resultados para gestores;
- Capacidades estatísticas: suporte a várias formas de modelagem aleatória de dados de entrada, dimensionamento de rodadas e gerenciamento de experimentos;
- Relatórios de saída: capacidade de geração de relatórios automáticos para as estatísticas de desempenho mais comuns e desenvolvimento rápido de relatórios personalizados;
- Suporte ao cliente: disponibilidade para resolução de problemas específicos de modelagem, boa documentação para o usuário e fornecimento de exemplos detalhados.

De acordo com Robinson [2004], a maioria dos softwares especializados em simulação disponíveis se encaixa na categoria de sistemas de modelagem visual interativa, que permitem desenvolver a simulação a partir de um conjunto predefinido de objetos e uma interface de programação. Usando um software específico desta categoria, Chwif et al. [2010] desenvolveram uma métrica para estimar o tempo de desenvolvimento de determinados tipos de modelos de simulação em função de três fatores: o número de objetos de simulação e a complexidade de seus parâmetros, o total de linhas de código de programação necessárias e o nível de detalhamento dos gráficos e animação do modelo. Os autores descreveram as limitações da métrica proposta (por

DOI: 10.59254/sbpo-2025-212461
https://proceedings.science/p/212461?lang=pt-br

exemplo, não considerar o nível de proficiência do analista responsável pela modelagem), mas concluíram que a técnica poderia estimar o tempo de desenvolvimento com precisão aceitável.

Robinson [2004] observa que, apesar de existir literatura sobre seleção de softwares de simulação, a maioria dos modeladores de simulação usa o software que estiver disponível e com o qual já estão familiarizados.

3. Metodologia

A análise comparativa deste trabalho se baseou na implementação computacional de um modelo de simulação para uma situação-problema usando dois dos principais softwares de simulação de eventos discretos disponíveis atualmente, que serão identificados apenas como software A e software B para que não seja caracterizada qualquer espécie de propaganda (positiva ou negativa). Cada modelo de simulação foi desenvolvido por um analista com mais de 8 anos de experiência em cada software e que desenvolveu mais de 20 modelos de simulação a nível profissional. Desta forma, entende-se que a capacidade de exploração dos recursos de cada software é equivalente entre os analistas, não representando uma fonte de diferenciação nos tempos de implementação dos modelos. Além disso, para garantir a equivalência lógica entre os modelos, foram considerados aspectos estruturais e de resultados, explicados na Seção 4.

3.1. Descrição do Sistema Modelado

A situação-problema usada como base para este artigo tem origem em um projeto de consultoria em simulação desenvolvido por um dos autores deste artigo utilizando o software A. Posteriormente, outro autor utilizou a mesma descrição conceitual do problema, dada a seguir, para desenvolver um modelo de simulação equivalente utilizando o software B. O sistema considerado neste trabalho representa o fluxo de carretas de material na área de suprimentos de matéria-prima de uma planta industrial de insumos para o agronegócio. A operação é contínua, 24 horas por dia, executando as atividades logísticas de recebimento de materiais, abastecimento de duas unidades fabris e expedição.

Considera-se que seis tipos distintos de materiais chegam à planta por meio de carretas, programadas segundo um agendamento configurável, com a definição da quantidade de carretas que serão recebidas com cada tipo de material, hora a hora. O agendamento também inclui carretas vazias, destinadas exclusivamente à expedição. Além disso, um percentual configurável de carretas que entregam matéria-prima pode, após o descarregamento, ser direcionada para a expedição antes de deixar a planta.

Cada carreta transporta fardos de apenas um tipo de material, em quantidade dependente do tipo de material carregado. Ao chegar à planta, todas as carretas passam pelo processo de recepção (*gate in*), cujo tempo de processamento e capacidade de operação em paralelo são parâmetros do modelo. Após essa etapa, as carretas com materiais são direcionadas a uma das quatro docas disponíveis:

- Docas 1 e 2: atendem às tendas, que funcionam como *buffers* intermediários;
- Doca 3: destinada à Fábrica 1 (Reciclagem 1);
- Doca 4: destinada à Fábrica 2 (Reciclagem 2) e à unidade de Refusão.

Cada unidade fabril pode processar um ou mais tipos de materiais, sendo configurada com limites mínimo e máximo de estoque, bem como taxas de consumo para cada material. A lógica de roteamento das carretas considera o estoque atual de cada material nas fábricas: a carreta é alocada para descarregamento em uma fábrica caso o estoque do material esteja abaixo do limite máximo; em caso de múltiplas opções elegíveis, a carreta é direcionada à fábrica cujo tempo estimado para atingir o nível mínimo de estoque seja menor, considerando a taxa de consumo atual. Caso nenhuma fábrica esteja apta a receber material, a carreta será enviada para as tendas.

DOI: 10.59254/sbpo-2025-212461
https://proceedings.science/p/212461?lang=pt-br

Cada doca possui empilhadeiras dedicadas que descarregam as carretas, configuradas em quantidade e tempo médio de descarregamento por fardo. Caso a doca de destino de uma carreta esteja ocupada no momento da chegada, a carreta irá aguardar em uma área de estacionamento com capacidade ilimitada.

Após o descarregamento, as carretas seguem para o processo de despacho (*gate out*), semelhante ao *gate in*, com tempos e capacidades também parametrizáveis. De acordo com regras definidas no modelo, uma parcela dessas carretas será direcionada à expedição antes de deixar a planta.

Os dados de entrada que alimentam o modelo são armazenados em planilhas de dados que podem ser lidas diretamente pelos modelos de simulação. São elas:

- Tabela de agendamento: define o padrão de chegada das carretas, por tipo de material, por hora;
- Tabela de consumo: define os estoques mínimo, máximo, taxa horária de consumo e valores iniciais de cada material em cada fábrica;
- Tabela de processos: especifica as capacidades e os tempos de processamento nos *gates* (entrada e saída) e nas docas.

Ao final da simulação, foram coletados diversos indicadores de desempenho do sistema modelado. Entre as variáveis de resposta destacam-se:

- Utilização das docas: percentual de tempo em que cada doca permaneceu ocupada, permitindo avaliar possíveis gargalos no processo de descarregamento;
- Estoque em cada fábrica ao longo do tempo: registro contínuo da quantidade de cada material disponível em cada unidade fabril, possibilitando a análise de cobertura, balanceamento de suprimentos e risco de ruptura;
- Permanência das carretas no estacionamento: tempo médio e máximo de permanência, assim como os números médio e máximo de carretas que aguardaram por vaga nas docas;
- Percentual de utilização das empilhadeiras: permitindo estimar a carga de trabalho dos recursos internos por doca;
- Taxa de ocupação dos *gates* (*in* e *out*): indicando a eficiência nos processos de entrada e saída da planta.

Estes indicadores permitiram avaliar a eficiência do sistema logístico interno, identificar gargalos operacionais e testar diferentes estratégias de agendamento e alocação de recursos.

3.2. Softwares Utilizados - Software A

O software A é uma plataforma de modelagem e simulação baseada em objetos e orientada a eventos discretos, com suporte a paradigmas adicionais como processos contínuos e baseados em agentes. Seu ambiente gráfico permite a construção de modelos tridimensionais sem a necessidade de programação explícita, embora forneça recursos avançados para usuários experientes através de *scripts* e lógica personalizada.

Um dos principais diferenciais dessa ferramenta é a abordagem unificada de modelagem, na qual a lógica operacional e a animação tridimensional do sistema são desenvolvidas simultaneamente, a partir de uma mesma representação gráfica. Isso reduz o retrabalho e aumenta a rastreabilidade entre o comportamento do modelo e sua visualização.

A modelagem é estruturada em torno de entidades, recursos, filas e processos, os quais podem ser conectados e configurados de forma modular. O software oferece um mecanismo robusto de coleta de estatísticas, animação em tempo real, e integração com dados externos via arquivos, banco de dados ou API’s.

DOI: 10.59254/sbpo-2025-212461
https://proceedings.science/p/212461?lang=pt-br

Entre os diferenciais da ferramenta estão a reutilização de componentes lógicos (modelos reutilizáveis), a hierarquização de sistemas complexos e a capacidade de gerar modelos digitais sincronizados com dados operacionais (*digital twins*). A simulação pode ser executada em diferentes modos, incluindo tempo acelerado, tempo real e repetições em lote para análise estatística de cenários.

Além disso, o software conta com recursos integrados para otimização e experimentação, permitindo a análise de sensibilidade, busca de soluções e validação de estratégias operacionais com base em múltiplos indicadores de desempenho.

3.3. Softwares Utilizados - Software B

O software B é uma ferramenta de simulação de eventos discretos voltada à modelagem de processos operacionais e fluxos produtivos. Com uma interface gráfica baseada em diagramas de blocos, permite ao usuário construir modelos de forma visual e intuitiva, utilizando elementos como filas, atividades, recursos e decisões.

A lógica dos modelos construídos no software B é estruturada com base no fluxo de entidades entre os componentes, sendo possível configurar tempos de processamento, regras de priorização, restrições de capacidade e lógica de alocação de recursos. O software oferece suporte a experimentação estatística por meio de simulações em lote, coleta de métricas de desempenho e geração automática de gráficos e relatórios.

Projetado para ser acessível a usuários sem formação em programação, o software também disponibiliza uma linguagem de scripts própria para usuários avançados, possibilitando customizações e integrações com bases de dados externas. Entre seus principais casos de uso estão aplicações em logística, manufatura, serviços e saúde. Sua proposta é balancear simplicidade de uso com funcionalidades suficientes para análise de cenários e tomada de decisão baseada em dados.

3.4. Desenvolvimento dos Modelos de Simulação

O processo de construção dos modelos de simulação depende das características do software utilizado. Para criar o modelo no software A o analista reportou ter seguido os seguintes passos:

- Criação do *layout* do sistema (malha);
- Modelagem dos servidores (docas) e recursos (empilhadeiras);
- Modelagem dos estoques (tendas, Reciclagem 1 e 2 e Refusão);
- Modelagem da atribuição do estoque inicial;
- Modelagem do consumo dos materiais nas fábricas (Reciclagem 1 e 2 e Refusão);
- Modelagem dos *gates* de entrada e saída;
- Modelagem de chegada das carretas;
- Modelagem da decisão da escolha da doca para onde a carreta irá;
- Modelagem do estacionamento (*buffer*) caso a doca selecionada esteja ocupada;
- Modelagem da remoção do material das carretas pelas empilhadeiras e incremento do material no estoque;
- Modelagem da seleção e envio das carretas que irão para a área de expedição;
- Criação de *dashboards* com os dados de parâmetros da simulação;
- Criação de *dashboards online* com diversos estados do modelo.

O modelo foi desenvolvido (utilizando os recursos em 3D) através das bibliotecas padrões de classes de objetos do simulador, associadas a lógicas de fluxo de processos personalizadas e utilizando agentes inteligentes (carretas). Essa abordagem é a mais rápida em termos de modelagem, porém onerosa em termos de tempo de execução (os objetos padrões e agentes possuem alta complexidade lógica). Agentes e objetos padrões poderiam ser substituídos por alternativas mais simples através de blocos de processo (porém demandaria mais tempo de

DOI: 10.59254/sbpo-2025-212461
https://proceedings.science/p/212461?lang=pt-br

desenvolvimento). As etapas de construção do modelo de simulação no software B foram, segundo o analista:

- Importação da imagem de fundo da planta;
- Ajuste dos dados de entrada (importação das planilhas);
- Definição dos processos de chegada (7 chegadas, um para cada tipo de material, além dos caminhões de expedição);
- Construção dos objetos de portaria (entrada e saída), estacionamento, docas e área de expedição e ligações lógicas com a configuração dos tempos e quantidade de alimentação para cada estoque com base no tipo de material/caminhão;
- Construção da lógica de consumo de materiais;
- Construção da lógica de decisão de roteamento dos caminhões com base na utilização das docas e níveis de estoque;
- Atribuição dos tempos de deslocamento;
- Configuração dos principais indicadores de desempenho.

O analista não relatou ter tido dificuldades significativas na construção do modelo: o maior tempo gasto foi na confecção da lógica de decisão de roteamento na entrada do sistema, pois esta envolve vários fatores e possibilidades. Como técnica de verificação, o analista utilizou a implementação modular (construção e teste sucessivo de pequenas estruturas no modelo) para garantir a ausência de *bugs*, como filas tendendo a crescimento infinito, por exemplo.

Após o desenvolvimento dos modelos nos softwares A e B, foi constatado que ambos possuem as mesmas estruturas lógicas (chegadas, atividades de consumo, decisão de roteamento etc.), modelados de forma diferente devido às diferenças construtivas dos dois softwares. Assim, entende-se que há equivalência lógica entre os dois modelos.

4. Resultados

Os analistas quantificaram os tempos de desenvolvimento dos modelos por observação direta e executaram 100 replicações em cada rodada de simulação. A escolha deste número de replicações não foi estabelecida para garantir certo grau de confiança nos KPI's estabelecidos, mas sim, para fornecer uma base comparativa. O analista que usou o software A reportou ter gasto 6,75 horas no desenvolvimento do modelo. Para o analista que usou o software B, o tempo total de desenvolvimento foi de 4,5 horas.

A execução da simulação no software A com base em 100 replicações levou 43,5 segundos. Foi utilizado um *notebook* Acer Nitro 5 com sistema operacional Windows 11 Home 64-bits; processador AMD Ryzen 7 6800H (4,7 GHz), com 16 GB de memória RAM DDR5 (4800 MHz); placa gráfica NVIDIA® GeForce® RTX 3070Ti com 8 GB de memória dedicada GDDR6. Para executar as mesmas 100 replicações no software B, o tempo gasto foi de 67 segundos. O computador usado para a simulação possui processador Intel Core i7 9700F (3,00 GHz), com 16 GB de memória RAM DDR4 (1330 MHz) com sistema operacional Windows 10 Education 64 bits. Vale notar que há uma diferença de desempenho dos dois computadores utilizados, pois o que usou o software A possui tecnologia "*Hyper-Threading*" e maior memória cache L3. Com base nas características de cada CPU, foi possível obter um índice estimado de desempenho de 87/100 para o computador que rodou o software A e de 55/100 para o computador que rodou o software B. Assumindo que a diferença destes índices se reflete nos tempos de execução das simulações, pode-se inferir que o software B demoraria (55/87)*67 = 42,35 segundos na simulação, o que tornaria os tempos de rodagem praticamente equivalentes.

Em termos de resultados de saída dos modelos, foi verificado que os principais indicadores de desempenho (vide Seção 3.1) são estatisticamente equivalentes, já que seus intervalos de confiança (com 95% de confiança estatística) apresentaram sobreposição.

DOI: 10.59254/sbpo-2025-212461
https://proceedings.science/p/212461?lang=pt-br

5. Discussões, Conclusões e Recomendações para Trabalhos Futuros

Este trabalho propôs comparar duas ferramentas de simulação em relação ao tempo de desenvolvimento e tempo de execução da simulação. Foi utilizada uma mesma base de comparação, definida por uma aplicação da logística de caminhões em uma fábrica de insumos para o agronegócio. Os softwares utilizados são modernos e atuais, ambos baseados em processos e considerados softwares atuais. A principal diferença é que o software A possui interface 3D, enquanto o software B usa interface 2D, com foco no desenvolvimento rápido de modelos de simulação.

A principal dificuldade deste estudo residiu na escolha adequada dos desenvolvedores, já que dificilmente encontram-se dois especialistas em ferramentas distintas de simulação dispostos a participar de estudos acadêmicos desvinculados de projetos remunerados. Além disso, os desenvolvedores escolhidos possuem larga experiência nas respectivas ferramentas, o que minimiza as diferenças de habilidades de desenvolvimento que poderiam afetar este estudo. Este trabalho apresenta ineditismo, já que este tipo de comparação (tempos de desenvolvimento e tempos de execução) nunca foi realizado na literatura.

A partir dos resultados obtidos na comparação entre os dois softwares de simulação, foi possível observar diferenças no tempo de desenvolvimento, com o software B levando a um desenvolvimento mais rápido, mas dentro da mesma ordem de grandeza do software A (horas).

Em termos de tempo de execução da simulação, os dois softwares apresentaram desempenhos semelhantes ao rodar 100 replicações de um modelo de complexidade de baixa para média em cerca de um minuto.

Assim, entende-se que a escolha entre os softwares depende de objetivos específicos do projeto de simulação: se a visualização 3D for mandatória, não há dúvidas que deve ser adotado um software 3D. Se esta hipótese for relaxada, pode haver ganho de tempo de desenvolvimento, especialmente em projetos maiores, optando-se por um software 2D com interface mais intuitiva.

Como recomendações para trabalhos futuros, sugere-se usar mais situações-problema em cada análise para aumento da amostra de estudo e acrescentar outros critérios de comparação, como usabilidade, custo de licenciamento, suporte técnico, integração com outras ferramentas e capacidade de visualização dos resultados. Além disso, a aplicação dos softwares em diferentes domínios (como manufatura, saúde ou serviços) pode revelar novos aspectos relevantes para a escolha da ferramenta. Também seria valioso realizar estudos com usuários de diferentes níveis de experiência, para avaliar o impacto da familiaridade com a ferramenta na eficiência do processo de modelagem.

Referências

Banks, J., Carson II, J. S., Nelson, B. L. e Nicol, D. M. (2009). Discrete-event Simulation. Prentice-Hall, New Jersey.

Borshchev, A. (2013). The Big Book of Simulation Modeling: Multimethod Modeling with AnyLogic 6. AnyLogic North America.

Chwif, L., Banks, J. e Barretto, M. R. P. (2010). Estimating the implementation time for discrete-event simulation model building. In *Proceedings of the 2010 Winter Simulation Conference*, p. 1774–1785, New Jersey. Institute of Electrical and Electronics Engineers.

Chwif, L., Medina, A. C. (2014). Modelagem e Simulação de Eventos Discretos: Teoria e Prática. Campus Elsevier, São Paulo.

Guimarães, A. M. C., Leal, J. E. e Mendes, P. (2018). Discrete-event simulation software selection for manufacturing based on the maturity model. *Computers in Industry*, 103: 14– 27.

DOI: 10.59254/sbpo-2025-212461
https://proceedings.science/p/212461?lang=pt-br

Hillier, F. S., Lieberman, G. J. (2013). Introdução à Pesquisa Operacional. AMGH, Brasil.

Kotiadis, K., Tako, A. A. e Vasilakis, C. (2014). A participative and facilitative conceptual modelling framework for discrete event simulation studies in healthcare. *Journal of the Operational Research Society*, 65:2, 197–213.

Robinson, S. (2004). Simulation: The Practice of Model Development and Use. John Wiley & Sons, New York.

Silva, A., K., da. (2007). Método para avaliação e seleção de softwares de simulação de eventos discretos aplicados à análise de sistemas logísticos. Dissertação (Mestrado). Universidade de São Paulo, São Paulo.

Yücesan, E., Fowler, J.W. (2000). Simulation Software Selection. In: Swamidass, P. M., editores, Encyclopedia of Production and Manufacturing Management. Springer, New York.

DOI: 10.59254/sbpo-2025-212461
https://proceedings.science/p/212461?lang=pt-br