

EscaloMania: Um jogo digital educacional para o estudo de Escalonamento de Processos em Sistemas Operacionais

Ronald Silva, Airton Filho, Pedro Vieira, André Filho, Lílian Santana, Beatriz Martins, Luiz Costa, João Silva, André Carvalho, José Pio

¹ Instituto de Computação (IComp) – Universidade Federal do Amazonas (UFAM)
Av. Gen. Rodrigo Octávio 6200, Coroado I, Manaus – AM, 69080-900

{ronald.silva, airton.filho, pedro.vieira, andre.filho, lilian.alves}
{beatriz.martins, luiz.costa, joao.rodrigue, andre, josepio} @icompu.fam.edu.br

Abstract. *This paper presents EscaloMania, an educational digital game developed to support the teaching of process scheduling in Operating Systems. The proposal adopts a playful and interactive approach as a pedagogical strategy to reduce the complexity of the content. The development followed an iterative educational game design methodology, resulting in a functional prototype. An experimental session with Computing students was conducted, using a perception questionnaire to evaluate the user experience and learning support. Preliminary results indicate good engagement and suggest the game’s potential as a complementary teaching tool.*

Resumo. *Este trabalho apresenta o EscaloMania, um jogo digital educacional desenvolvido para apoiar o ensino de escalonamento de processos em Sistemas Operacionais. A proposta utiliza uma abordagem lúdica e interativa como estratégia pedagógica para reduzir a complexidade do conteúdo. O desenvolvimento seguiu uma metodologia iterativa de game design educacional, resultando em um protótipo funcional. Uma sessão experimental com estudantes de Computação foi realizada, com aplicação de um formulário de percepção para avaliar a experiência de uso e o apoio ao aprendizado. Os resultados preliminares apontam bom engajamento e indicam o potencial do jogo como ferramenta complementar ao ensino.*

1. Introdução

O Sistema Operacional (SO) de um computador é o *software* responsável por executar programas de forma ordenada e administrar o uso dos seus dispositivos físicos. Através de camadas de virtualização, o sistema operacional medeia o domínio dos programas sobre o *hardware* [Arpaci-Dusseau and Arpaci-Dusseau 2018]. O Linux, usado como base para diversas outras distribuições de sistemas operacionais, e o Windows, amplamente adotado pela facilidade de uso, são dois exemplos recorrentes.

Uma das principais tarefas de um sistema operacional é o escalonamento de processos, que consiste em decidir qual processo será executado e por quanto tempo terá domínio da CPU [Tanenbaum and Bos 2015]. Dado um conjunto de tarefas (*workload*), o SO deve garantir que todas elas recebam oportunidade de execução.

O ensino de Sistemas Operacionais é componente central na grade curricular de cursos de Computação, por tratar de conceitos fundamentais relacionados à concorrência,

gerenciamento de recursos e abstração de *hardware*. No entanto, a natureza complexa e abstrata do conteúdo, envolvendo algoritmos, estruturas de dados e dinâmicas assíncronas de difícil visualização, costuma representar barreira pedagógica. Muitos alunos enfrentam dificuldades em transpor a teoria para a prática, limitando o aprendizado quando este se baseia apenas em aulas expositivas e simulações tradicionais.

Para mitigar essas dificuldades, metodologias ativas como os Jogos Sérios (*Serious Games*) têm ganhado destaque. *Serious Games* são ambientes lúdicos projetados com propósito educacional primário, indo além do entretenimento [Zyda 2005]. Esses jogos promovem engajamento por meio de desafios, *feedback* imediato e ciclos iterativos de tentativa e erro, tornando o aprendizado mais dinâmico. No contexto da Computação, eles permitem simular sistemas complexos de forma tangível, transformando conceitos abstratos em interações concretas, aspecto particularmente valioso para compreender escalonamento de processos [Muratet et al. 2011].

Este artigo apresenta o *EscaloMania*, um jogo digital educacional desenvolvido para auxiliar o ensino e a fixação dos principais algoritmos de escalonamento de processos em Sistemas Operacionais. São detalhados: a proposta do jogo, seu público-alvo (estudantes de graduação em Computação), o processo de desenvolvimento e as metodologias de aprendizagem incorporadas à dinâmica. Também são discutidos o *design* pedagógico, as sessões de teste realizadas com alunos e resultados preliminares que indicam sua eficácia como ferramenta complementar ao ensino teórico.

2. Trabalhos Relacionados

A revisão de literatura teve como objetivo identificar abordagens eficazes para o ensino de escalonamento em Sistemas Operacionais, com ênfase em metodologias alinhadas aos propósitos do *EscaloMania*. Foram analisados jogos educacionais voltados a diferentes fundamentos de Sistemas Operacionais, avaliando tanto seus resultados positivos no processo de aprendizagem quanto suas limitações.

O mapeamento sistemático de jogos na área de Sistemas Operacionais [de Carmargo et al. 2024] evidenciou a existência de diversas propostas que abordam conceitos como concorrência, *threads*, escalonamento e paginação. Observa-se que a maioria desses jogos adota uma abordagem predominantemente estratégica, enfatizando o planejamento e a tomada de decisões como elementos centrais da aprendizagem, em analogia ao papel do sistema operacional na gestão de recursos computacionais.

Entretanto, nota-se que poucos trabalhos exploram cenários baseados em situações do cotidiano ou utilizam interações diretas e visuais, como mecânicas de *drag and drop*, para representar políticas de escalonamento. Essa lacuna motiva o desenvolvimento do *EscaloMania*, que busca tornar o aprendizado mais intuitivo ao aproximar conceitos abstratos de experiências familiares aos estudantes.

O jogo *Speed Schedule*, desenvolvido por [Figueiredo et al. 2020], tem como foco auxiliar o estudo e a fixação das políticas de escalonamento de processos. Trata-se de um jogo digital desenvolvido em Delphi RAD Studio XE5, no qual os estudantes, organizados em equipes, atuam como escalonadores, ordenando processos e calculando o tempo de retorno médio no menor tempo possível. A proposta transforma conteúdo teórico em atividade competitiva e lúdica, estimulando a aprendizagem.

O jogo *Escalonando*, desenvolvido por [Luccas and Santos 2019], também aborda os conceitos de escalonamento e estratégias de alocação de CPU, porém com uma abordagem em formato de quebra-cabeça (*puzzle game*). O jogador deve gerir processos em filas mantendo-as dentro de limites definidos, compreendendo na prática as vantagens e desvantagens de diferentes algoritmos.

O ambiente de Aprendizagem Cooperativa com jogos *online*, apresentado por [Jong et al. 2012], foca na melhora da motivação e dos resultados de aprendizado na disciplina de Sistemas Operacionais. Trata-se de uma ferramenta de apoio ao ensino baseada em jogo digital *online* que utiliza a competição para motivar os estudantes a estudar ativamente os materiais do curso *online* (como as políticas de escalonamento) antes de jogar. A principal conclusão é que o desejo de vencer o jogo impulsiona o estudo prévio do conteúdo, o que é relevante para o nosso artigo, pois sugere uma metodologia eficaz para engajar estudantes em temas difíceis de Sistemas Operacionais.

Além dos jogos especificamente voltados ao escalonamento, foram consideradas referências que, embora não tratem diretamente do tema, apresentam mecânicas relevantes para o aprendizado. *Little Rocket Lab* [Teenage Astronauts 2025], *Factorio* [Wube Software 2016] e *Satisfactory* [Coffee Stain Studios 2019] trazem organização e automação de tarefas com prioridades distintas, características adequadas como inspiração para o *EscaloMania*. *Is This Seat Taken* [Poti Poti Studio 2025] e *Human Resources Machine* [Tomorrow Corp. 2015] contribuem com mecânicas como arrastar elementos para filas, progressão em fases e indicadores de desempenho.

Em suma, o *EscaloMania* diferencia-se dos demais jogos focados em escalonamento de processos ao adotar uma abordagem mais análoga ao cotidiano das pessoas, interativa e dinâmica. Dessa forma, cabe destacar que o desenvolvimento do jogo não apenas se preocupa com o aprendizado teórico e cognitivo do tema em questão, mas também foca na imersão e no entretenimento do jogador, tornando-o um aliado nos estudos e, ao mesmo tempo, um passatempo divertido.

3. Metodologia

O desenvolvimento do *EscaloMania* seguiu a metodologia de *game design* educacional de [Pires 2021], caracterizada como iterativa e incremental. O processo é composto por etapas sequenciais, ilustradas na Figura 1, em que cada fase resulta em um artefato, como documentação, requisitos ou protótipos. Ao término de cada estágio, o projeto pode avançar ou retornar a etapas anteriores para ajustes. O processo foi conduzido por estudantes de graduação orientados por um professor doutor da área de computação, garantindo decisões de *design* fundamentadas.

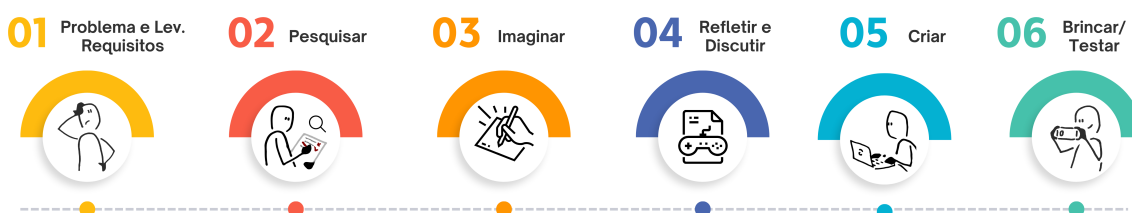


Figura 1. Metodologia de Game Design Educacional de [Pires 2021]

3.1. Problemática e Levantamento de Requisitos

O projeto iniciou com a identificação dos problemas de aprendizagem por meio de revisão de literatura. Foram observadas dificuldades recorrentes no entendimento de SO, especialmente de conceitos como funcionamento de escalonadores, devido à sua complexidade intrínseca. O professor responsável pela disciplina reforçou essas dificuldades, destacando limites do método expositivo tradicional. A partir dessa análise, foram definidos requisitos iniciais:

- O tema principal deve ser escalonamento de processos.
- O conteúdo deve abordar a lógica dos algoritmos de escalonamento.
- O público-alvo deve ser composto por estudantes de computação que estão revisando esses conceitos.

3.2. Pesquisar e Imaginar

A etapa de pesquisa concentrou-se na identificação e análise de trabalhos relacionados ao problema investigado. Os artefatos consultados não se limitaram a artigos científicos, abrangendo também livros, jogos e outras mídias relevantes. Para este estudo, três eixos principais orientaram o levantamento:

- Conceitos de Sistemas Operacionais, com ênfase em algoritmos de escalonamento, predominantemente obtidos em livros e materiais didáticos.
- *Serious Games* que abordam conteúdos de Sistemas Operacionais total ou parcialmente, a fim de compreender como esses conhecimentos têm sido aplicados em contextos educacionais.
- Artigos científicos que permitiram mapear abordagens existentes na literatura e observar como conceitos e ferramentas são apresentados e avaliados.

A partir dos jogos identificados, elaborou-se a Tabela 1, focada em *benchmarking*, contemplando tanto *serious games* quanto jogos voltados exclusivamente ao entretenimento. A inclusão desse espectro mais amplo justificou-se pela necessidade de analisar dois aspectos fundamentais para jogos educacionais: (i) a forma como o conteúdo é integrado à experiência lúdica e seu potencial de aprendizagem; e (ii) a influência do estilo de jogabilidade nas dinâmicas propostas por *serious games*. O *benchmarking* também permitiu delimitar um conjunto de mecânicas que seriam incorporadas ao projeto, tomando como referência implementações bem-sucedidas descritas na literatura.

Tabela 1. Tabela Comparativa de jogos encontrados

Jogo	Ano	Público-alvo	Educacional	Referência
Speed Schedule	2020	Estudantes de Sistemas Operacionais	Sim	[Figueiredo et al. 2020]
Escalonando	2019	Estudantes de Sistemas Operacionais	Sim	[Luccas and Santos 2019]

Jogo online de Aprendizagem Cooperativa	2013	Estudantes de Sistemas Operacionais	Sim	[Jong et al. 2012]
Little Rocket Lab	2025	Jogadores de automação	Não	[Teenage Astronauts 2025]
Factorio	2016	Jogadores de gerenciamento	Não	[Wube Software 2016]
Satisfactory	2019	Jogadores de construção	Não	[Coffee Stain Studios 2019]
Is This Seat Taken	2025	Jogadores de quebra-cabeça	Não	[Poti Poti Studio 2025]
Human Resource Machine	2015	Iniciantes em programação	Não	[Tomorrow Corp. 2015]

Na fase de imaginação, foram estruturadas as primeiras propostas de solução. Reuniões entre as equipes criativa e de desenvolvimento convergiram para a definição de que a visualização de conceitos de escalonamento de processos seria mais eficaz por meio de um *serious game* ambientado em dinâmicas cotidianas. Essa decisão considerou: (i) dificuldades recorrentes no aprendizado de Sistemas Operacionais; (ii) a experiência docente do professor responsável pelo conteúdo; (iii) a familiaridade da equipe com *design* e desenvolvimento de jogos; (iv) o uso de metáforas como estratégia para explicar tópicos complexos de maneira mais acessível; e (v) características positivas e limitações observadas em outros *serious games* da literatura.

Com base nesses elementos, definiu-se que o cenário principal do jogo seria um supermercado e outros ambientes do cotidiano, onde os jogadores pudessem compreender escalonamento ao organizar filas e pessoas como processos e escalonadores. O projeto foi nomeado *EscaloMania*, reforçando sua vinculação direta ao estudo de algoritmos de escalonamento e destacando o propósito educacional central do trabalho.

3.3. Refletir e Discutir

Nesta fase, as ideias concebidas na etapa de imaginação foram submetidas a uma análise crítica, com o objetivo de validar sua viabilidade técnica e pedagógica. A equipe de desenvolvimento, em conjunto com o professor orientador, realizou reuniões de alinhamento para filtrar e refinar as propostas, assegurando que a dimensão lúdica do jogo não se sobrepusesse aos objetivos educacionais. Também foi considerado o potencial do projeto como uma metodologia ativa a ser aplicada em aulas da disciplina de Sistemas Operacionais. Essa etapa gerou informações relevantes relacionadas à narrativa, ao *gameplay*, às mecânicas de aprendizagem e às teorias de aprendizagem adotadas, descritas a seguir.

Narrativa: O jogador assume o papel de um funcionário responsável por organizar uma rede de supermercados, restaurantes e outros estabelecimentos que enfrentam grandes fluxos diários de clientes. Ao longo da narrativa, o jogador é constantemente desafiado a lidar com filas crescentes, contextualizando o problema de organização de tarefas de forma próxima ao cotidiano.

Gameplay: Um ponto central das discussões consistiu em definir como os elemen-

tos abstratos de um Sistema Operacional seriam representados visualmente no cenário do supermercado. Buscou-se estabelecer correspondências diretas entre conceitos técnicos e elementos do cotidiano, a fim de facilitar a analogia cognitiva por parte dos estudantes. Como resultado, definiu-se que o jogador assumiria o papel do escalonador, responsável por organizar os processos, representados por clientes em filas de caixas de supermercado, os quais funcionariam como uma metáfora para a CPU.

Mecânicas de Aprendizagem: O processo de aprendizagem no jogo é conduzido pela mecânica principal de organização das filas de clientes nos caixas, simulando o papel do escalonador na organização de processos na CPU. Dessa forma, os algoritmos de escalonamento são construídos implicitamente à medida que o jogador elabora estratégias para ordenar e priorizar os clientes, promovendo a aprendizagem por meio da prática.

Teorias de Aprendizagem: O jogo incorpora elementos de aprendizagem narrativa, nos quais a progressão do jogador ao longo das fases contribui diretamente para a construção do conhecimento. Para apoiar esse processo, será adotada a Teoria Cognitiva da Aprendizagem Multimídia (TCAM), proposta por [Mayer 2005], com o objetivo de alinhar adequadamente os elementos visuais e textuais do jogo e evitar a sobrecarga cognitiva durante a interação. Além disso, a etapa de reflexão permitiu antecipar desafios associados ao uso do jogo em contextos educacionais, como possíveis interpretações equivocadas das metáforas e o aumento da carga cognitiva decorrente de mecânicas excessivamente complexas. Esses aspectos orientaram decisões de simplificação e priorização de funcionalidades, bem como a definição de critérios a serem considerados nas fases subsequentes de prototipação e validação com estudantes.

3.4. Criar e Brincar / Testar

Durante o processo de criação, foram inicialmente concebidos os conceitos fundamentais do jogo e, em seguida, desenvolvidos protótipos de baixa fidelidade em papel, com o objetivo de avaliar o comportamento dos objetos e das interações propostas. Após a validação desses protótipos pela própria equipe, foi possível identificar ajustes necessários tanto nos elementos do jogo quanto em sua interface, especialmente considerando a proposta de adaptação para dispositivos móveis. Com isso, planejou-se o desenvolvimento de um protótipo de média fidelidade na *game engine* Godot, utilizado como uma prova de conceito (*Proof of Concept* – POC).

Com o protótipo de média fidelidade em um estágio mais avançado, a equipe pôde estruturar a sessão de experimentação do projeto, cujo objetivo foi realizar uma validação inicial do jogo a partir da POC. A sessão teve como público-alvo estudantes de cursos de Computação que tiveram contato com a disciplina de Sistemas Operacionais, permitindo observar como os conceitos de escalonamento eram percebidos e revisitados. Para a coleta de dados, foi aplicado um formulário de percepção baseado na escala Likert, muito utilizada para a coleta de *feedbacks* na avaliação de jogos [Aguiar et al. 2011], visando obter informações relevantes sobre a experiência de uso do jogo.

Ressalta-se que a sessão de experimentação foi conduzida respeitando princípios éticos aplicáveis à pesquisa acadêmica. Os participantes foram devidamente informados sobre os objetivos do estudo e sua participação ocorreu de forma voluntária, mediante concordância expressa por meio do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE). As informações coletadas foram tratadas de forma confidencial e utilizadas exclusivamente

para fins de pesquisa.

4. O Jogo EscaloMania

4.1. Visão Geral

O *EscaloMania* é um jogo educativo para apoiar o ensino de Sistemas Operacionais, com foco na compreensão de algoritmos e conceitos de escalonamento. O jogo introduz, de forma prática, conceitos como troca de contexto, preempção e definição de *workload*. Também apresenta métricas de desempenho como tempo de retorno (*turnaround*), tempo de espera, tempo de resposta. São apresentados algoritmos clássicos, incluindo FIFO, SJF e Round Robin. Dentro do ensino por meio de metodologias ativas usando jogos ou ferramentas gamificadas o EscaloMania pode ser categorizado como um *Serious Game*, essa conclusão pode ser tomada com base nos critérios de [Becker 2021].

4.2. Escalonamento no Cotidiano

A ideia de escalonamento pode ser facilmente relacionada a diversas atividades cotidianas, como uma ida ao supermercado ou o atendimento em ambientes com serviços sob demanda, como lanchonetes e bares. Nesses contextos, é necessário organizar o atendimento das pessoas de modo a otimizar determinadas métricas, como o tempo médio de espera, além de respeitar prioridades obrigatórias, por exemplo, no caso de pessoas idosas ou gestantes.

Dessa forma, o uso de analogias do cotidiano mostra-se especialmente relevante para o ensino de escalonamento de processos em sistemas computacionais, pois auxilia na abstração dos conceitos e evidencia que o escalonamento é uma prática recorrente na vida diária [Cao et al. 2016]. Ademais, tais analogias possuem grande valor pedagógico, contribuindo para uma melhor compreensão do conteúdo e fundamentando a proposta do jogo educacional desenvolvido neste trabalho.

4.3. Aspectos Tecnológicos

O jogo atualmente se encontra em versão de alta fidelidade, sendo desenvolvido na *game engine* Godot na versão 4.4.1. As artes incluem estilo 2D vetorial para clareza visual e legibilidade em telas de dispositivos móveis, obtidas por meio de desenhos manuais e da *Large Language Model* (LLM) *Gemini 3.0*, para auxiliar na geração de recursos refinados com a ferramenta *GIMP*, criando os *placeholders* iniciais do projeto. O jogo pode ser disponibilizado tanto em *mobile* quanto para computadores devido a sua mecânica possibilitar a fácil portabilidade.

4.4. Fluxo do Jogo

O jogo utiliza um fluxo de progresso gradual e linear, desenhado para garantir que o aluno avance somente após a compreensão dos conceitos fundamentais de escalonamento. O cenário inicial adota a metáfora de um supermercado, onde os caixas representam os processadores e os clientes simbolizam os processos a serem escalonados.

Essa estrutura modular é implementada por meio de um sistema de fases, permitindo a adição progressiva de complexidade. Em cada nova fase, elementos como a preempção ou novas métricas de desempenho (a serem maximizadas ou minimizadas) podem ser introduzidos gradualmente. Para incentivar a experimentação e a formulação

de estratégias eficazes (alusão direta aos algoritmos de escalonamento), o jogo integra diálogos com personagens, que servem como tutores ao jogador. Embora a metáfora inicial seja o supermercado, a arquitetura modular permite a futura exploração de outros cenários temáticos.

A interação do usuário com a interface inicia-se no menu principal do jogo, conforme ilustrado na Figura 2(a). Após selecionar a opção de jogar, o jogador é direcionado para a fase atual, na qual é apresentado um diálogo introdutório que explica as regras básicas e o contexto do cenário, incentivando a interação com o jogo.

Entre os principais elementos visuais, destaca-se a barra de estresse dos clientes, que diminui progressivamente enquanto estes aguardam atendimento. Caso o cliente não seja atendido ou não entre em uma fila antes que a barra se esgote, ele deixa a tela, representando uma analogia direta ao conceito de *starvation*. Outro elemento relevante é o número exibido em um balão flutuante acima de cada cliente, o qual indica a quantidade de itens comprados e corresponde, por analogia, ao tamanho de um processo no contexto de escalonamento. Outro ponto a destacar é o *score* na parte superior esquerda da interface que representa uma pontuação que serve tanto de incentivo para o jogador quanto para utilização em métricas futuras, todos apresentados na Figura 2(b).



(a) Tela de Menu



(b) tela de fase 1

Figura 2. Protótipos de média fidelidade

5. Resultados

5.1. Mecânicas Desenvolvidas

As mecânicas foram um ponto de destaque no protótipo realizado, visto que vários *feedbacks* positivos foram obtidos durante os testes. Dessa forma, foi notável que uma abordagem baseada em *drag and drop* facilita o uso da aplicação e diminui o tempo de adaptação, ao contrário do que aconteceria se fosse um jogo com múltiplos botões por exemplo, pois isso faria os alunos desviarem o foco em meio à uma abordagem dinâmica. A Tabela 2 apresenta as mecânicas e suas relações com conceitos de escalonamento.

Tabela 2. Mecânicas implementadas no jogo e sua associação com o escalonamento de processos

Nº	Mecânica	Descrição geral	Conexão com escalonamento
1	Arrastar e soltar clientes	Jogador posiciona clientes em locais da fila	Representa a inserção de processos na fila de prontos e a definição da ordem de execução
2	Compra de produtos	Cliente é atendido e reduz sua quantidade de produtos até finalizar	Simula o tempo de CPU (<i>burst time</i>) e a finalização do processo
3	Barra de estresse	Medidor do tempo que o cliente suporta esperar	Relaciona-se ao tempo de espera, <i>starvation</i> e perda de <i>deadlines</i>
4	Score/Lucro	Pontuação baseada em clientes atendidos ou perdidos	Representa métricas: <i>turnaround</i> , <i>throughput</i> , eficiência e perda de processos
5	Andamento da fila	Clientes avançam automaticamente quando vagas surgem	Analogia direta à <i>ready queue</i> e ao comportamento FIFO/FCFS
6	Troca de lugar na fila	Jogador pode reposicionar clientes durante a espera	Representa preempção, prioridades dinâmicas (MLFQ) e SRTF
7	Crescimento da barra	Barra aumenta quando o cliente anda na fila ou compra produtos	Simula <i>aging</i> e ajustes dinâmicos de prioridade, prevenindo <i>starvation</i>

5.2. Prototipação

Antes do protótipo de média fidelidade, foram feitos outros dois anteriores, ambos de baixa fidelidade em papel tamanho A3, como mostrados na Figura 3, com um deles sendo focado apenas nos conceitos do jogo e outro voltado para a visualização clara de como seguiríamos com a implementação dos conceitos e mecânicas para a cena do supermercado. Durante essa fase do desenvolvimento, houve a consolidação de muitos conceitos que foram devidamente incluídos no protótipo de média fidelidade implementado na Godot, como a ambientação em um supermercado e a mecânica de alocar clientes/processos em filas de atendimento.

Contudo, houve também sugestões coletivas não incluídas, como a adição de mais de um tipo de cliente e diferentes contextos de ambientação para cada fase/partida, o que aumentaria a diversidade na experiência do jogador e cumpriria o objetivo de representar algoritmos e técnicas diferentes de escalonamento de forma mais abrangente. Em suma, a não inclusão de todas essas ideias na versão final do protótipo foi devido ao curto período de desenvolvimento, o que não prejudicou a experiência, mas limitou um pouco a representação que havia sido inicialmente planejada.

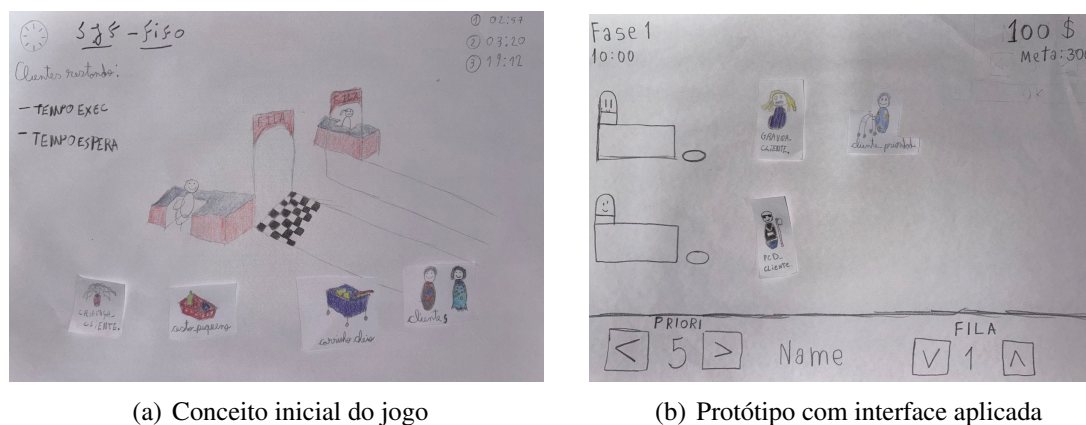


Figura 3. Protótipos de baixa fidelidade (papel)

5.3. Sessão Experimental

Os testes do jogo EscaloMania foram realizados com uma turma de graduação com conhecimento prévio em Sistemas Operacionais, envolvendo treze participantes. A sessão de teste teve duração de 30 minutos, na qual houve um engajamento pleno dos participantes, que demonstraram interesse tanto nas mecânicas quanto nas interações propostas pelo jogo. Após o teste do jogo, foi levantado um formulário de percepção no qual foi utilizado a escala Likert, os testes foram feitos utilizando a versão para computador do jogo. A Figura 4 é um gráfico que sintetiza a experiência com base no formulário.

Após a conclusão do preenchimento do formulário pelos participantes e da análise das respostas pela equipe de desenvolvimento, foi possível alcançar conclusões consistentes a respeito dos testes realizados. De modo geral, o protótipo recebeu uma avaliação bastante positiva no que se refere às suas regras e interfaces, visto que mais de 75% dos participantes afirmaram concordar fortemente que essas características são fáceis de compreender e intuitivas de utilizar.

No entanto, observou-se uma diferença significativa na distribuição percentual das respostas nos tópicos “Conexão Mecânica–Conceito”, “Visualmente Útil” e “Facilitou a Memorização”. Embora esses aspectos tenham obtido avaliações relativamente favoráveis, ainda houve uma parcela expressiva de participantes que manifestou discordância quanto à sua efetividade. Ademais, tanto a aplicação dos conhecimentos abordados em disciplinas de Sistemas Operacionais quanto a clareza do conteúdo apresentado no protótipo merecem atenção, uma vez que mais de 25% dos respondentes indicaram discordar fortemente do desempenho desses critérios.

Sob essa perspectiva, o protótipo apresentou resultados positivos ao adotar regras simples e interfaces intuitivas, favorecendo uma experiência de jogo agradável e atra-

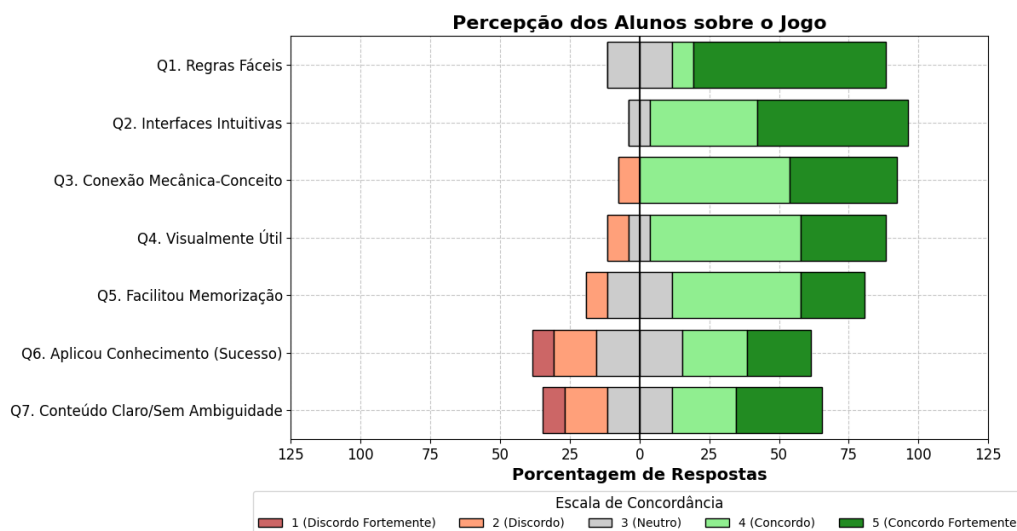


Figura 4. Gráfico de resultados das questões do teste na Escala Likert

tiva. Entretanto, a relação entre as mecânicas e o conteúdo pedagógico ainda se mostrou passível de melhoria em função das restrições da versão atual, que não contempla plenamente os diferentes temas de escalonamento de processos. Com isso, a aplicação do conhecimento teórico e a clareza do conteúdo já começam a ser incorporadas, indicando a necessidade de aprimoramentos contínuos nas próximas versões para fortalecer o processo de ensino-aprendizagem.

6. Conclusão

Este trabalho teve como principal objetivo apresentar o desenvolvimento do jogo digital educacional *EscaloMania*, concebido para facilitar a visualização e a compreensão de conceitos relacionados a Sistemas Operacionais, com foco no conteúdo de escalonamento de processos. A proposta busca tornar esses conceitos mais acessíveis e atrativos por meio de uma abordagem lúdica, contextualizada em ambientes do cotidiano de fácil assimilação, como filas de supermercados. Ao representar o escalonamento de processos por meio de metáforas, o jogo permite que o jogador, ao mesmo tempo em que se diverte, compreenda os conteúdos ao elaborar estratégias de resolução, reforçando a importância das políticas de escalonamento no funcionamento dos sistemas operacionais.

O jogo foi desenvolvido com público-alvo composto por estudantes do ensino superior, considerando que o tema abordado integra a grade curricular de cursos de graduação em Computação e que o *EscaloMania* se propõe a atuar como uma ferramenta de metodologia ativa em sala de aula. Dessa forma, o jogo demonstra potencial para auxiliar no aprendizado de escalonadores e no entendimento do gerenciamento de processos em Sistemas Operacionais. A experimentação foi realizada com alunos que já haviam tido contato prévio com a disciplina, permitindo que utilizassem o jogo como instrumento de revisão dos conteúdos estudados. Durante a sessão, os participantes puderam empregar

estratégias para organizar filas de processos e lidar com as dinâmicas dos escalonadores, proporcionando uma experiência mais dinâmica em relação a conceitos tradicionalmente abordados de forma teórica. Entretanto, vale destacar que, para diferentes conceitos de Sistemas Operacionais, são necessárias novas analogias relacionadas ao cotidiano, que podem ser adicionadas futuramente.

Um dos principais desafios enfrentados durante o desenvolvimento consistiu em integrar, de maneira coerente, os conceitos e o funcionamento de filas e escalonadores às mecânicas do jogo, respeitando seu comportamento em um sistema operacional real. Além disso, o equilíbrio entre ludicidade e aprendizagem mostrou-se um aspecto crucial ao longo da implementação, uma vez que, em *serious games*, é fundamental que o potencial pedagógico não seja comprometido em detrimento do entretenimento. A partir da experimentação, foi possível identificar pontos de melhoria relacionados à aplicação dos conceitos e às mecânicas lúdicas, indicando oportunidades para potencializar os ganhos educacionais do projeto.

Como trabalhos futuros, pretende-se aprimorar a interface e as dinâmicas do jogo, a fim de corrigir questões apontadas pelos participantes durante a sessão experimental, bem como expandir o conteúdo de escalonamento abordado no protótipo, por meio da inclusão de novas fases. Essas fases poderão explorar outras metáforas do cotidiano, como bares e restaurantes, mantendo a proximidade com a realidade dos jogadores. A implementação de sistemas de diálogos também se mostrou essencial para melhorar a absorção dos conceitos em versões futuras do projeto. Além disso, planeja-se substituir parte dos recursos gráficos atualmente produzidos com o auxílio de inteligência artificial generativa, posteriormente refinados com ferramentas gráficas, por elementos visuais vetoriais totalmente autorais desenvolvidos pela equipe. Por fim, a realização de novas sessões experimentais com essas melhorias é considerada fundamental para a obtenção de dados adicionais e para a consolidação dos resultados em trabalhos posteriores.

Agradecimentos

Os autores expressam sua gratidão à Universidade Federal do Amazonas (UFAM) e ao Instituto de Computação (IComp) pelo apoio institucional. Agradecem também aos colegas do Projeto Octante pelas contribuições e discussões que enriqueceram este trabalho.

Uso de Inteligência Artificial

No presente estudo, foram utilizadas tecnologias de Inteligência Artificial como ferramentas de apoio à revisão da escrita original dos autores, com o objetivo de corrigir erros pontuais e aprimorar a padronização do trabalho. Ademais, essas tecnologias também foram empregadas na criação de recursos adicionais, como gráficos e tabelas.

Referências

- Aguiar, B., Correia, W., and Campos, F. (2011). Uso da escala likert na análise de jogos. *Salvador: SBC-Proceedings of SBGames Anais*, 7(2):2.
- Arpaci-Dusseau, R. H. and Arpaci-Dusseau, A. C. (2018). *Operating Systems: Three Easy Pieces*. Arpaci-Dusseau Books, 1.00 edition.
- Becker, K. (2021). What's the difference between gamification, serious games, educational games, and game-based learning. *Academia Letters*, 209(2):1–4.

- Cao, Y., Porter, L., and Zingaro, D. (2016). Examining the value of analogies in introductory computing. In *Proceedings of the 2016 ACM Conference on International Computing Education Research, ICER '16*, page 231–239, New York, NY, USA. Association for Computing Machinery.
- Coffee Stain Studios (2019). Satisfactory. <https://www.satisfactorygame.com>. Jogo comercial. Acesso em: 2025.
- de Carmargo, V. H. S., Junior, M. M. C., da Silva, F. F., and Aylon, L. B. R. (2024). Mapeamento sistemático de jogos educativos voltados para o ensino de sistemas operacionais. In *Simpósio Brasileiro de Jogos e Entretenimento Digital (SBGames)*, pages 1200–1211. SBC.
- Figueiredo, R. T., dos Santos, V. M. L., and Ramos, J. L. C. (2020). Speed schedule-jogo para auxílio no estudo das políticas de escalonamento em sistemas operacionais. *Informática na educação: teoria & prática*, 23(1 Jan/Abr).
- Jong, B.-S., Lai, C.-H., Hsia, Y.-T., Lin, T.-W., and Lu, C.-Y. (2012). Using game-based cooperative learning to improve learning motivation: A study of online game use in an operating systems course. *IEEE Transactions on Education*, 56(2):183–190.
- Luccas and Santos (2019). Jogos educacionais para ensino em Sistemas Operacionais. Monografia final de conclusão de curso, Universidade de São Paulo, Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação (ICMC-USP), São Carlos, SP.
- Mayer, R. E. (2005). Cognitive theory of multimedia learning. *The Cambridge handbook of multimedia learning*, 41(1):31–48.
- Muratet, M., Torguet, P., Viallet, F., and Jessel, J.-P. (2011). Experimental feedback on prog&play: a serious game for programming practice. In *Computer graphics forum*, volume 30, pages 61–73. Wiley Online Library.
- Pires, F. G. d. S. (2021). Thinkted lab, um caso de aprendizagem criativa em computação no nível superior.
- Poti Poti Studio (2025). Is this seat taken? <https://www.potipoti.studio/>. Jogo comercial. Acesso em: 2025.
- Tanenbaum, A. S. and Bos, H. (2015). *Modern operating systems*. Pearson Education, Inc.
- Teenage Astronauts (2025). Little rocket lab. <https://littlerocketlab.com/>. Jogo comercial. Acesso em: 2025.
- Tomorrow Corp. (2015). Human resource machine. <https://tomorrowcorporation.com/humanresourcemachine>. Jogo comercial. Acesso em: 2025.
- Wube Software (2016). Factorio. <https://www.factorio.com>. Jogo comercial. Acesso em: 2025.
- Zyda, M. (2005). From visual simulation to virtual reality to games. *Computer*, 38(9):25–32.