

Análise de aspectos motivacionais de um simulador para o ensino do algoritmo de escalonamento de disco

Alex Sandro Rodrigues Ancioto¹, Igor Calebe Zadi¹, Marcelo de Paiva Guimarães^{1,2}, Rodrigo Bonacin^{1,3}

¹Centro Universitário Campo Limpo Paulista (UNIFACCAMP)
Campo Limpo Paulista – SP – Brasil

²Universidade Federal de São Paulo (UAB/Unifesp)
São Paulo – SP – Brasil

Centro de Tecnologia da Informação Renato Archer (CTI)
Campinas – SP – Brasil

{alexancioto, igorzadi, marcelodepaiva@}gmail.com, rodrigo.bonacin@cti.gov.br

Abstract. *This paper presents a motivational aspect evaluation and a usability test through the adaptations of the Kirkpatrick model and the Nielsen heuristic of a simulator of disk scaling algorithms with support for Virtual Reality technology. The results of the evaluation of the motivational aspects and their use in the classroom are also addressed, evidencing the motivation of the students with the help of the simulator in the teaching-learning process.*

Resumo. *Este artigo apresenta uma avaliação de aspecto motivacional e um teste de usabilidade através das adaptações do modelo de Kirkpatrick e da heurística Nielsen de um simulador de algoritmos de escalonamento de disco com suporte à tecnologia de Realidade Virtual. Os resultados da avaliação dos aspectos motivacionais e de sua utilização em sala de aula também são abordados, evidenciando a motivação dos alunos com auxílio do simulador no processo ensino-aprendizagem.*

1. INTRODUÇÃO

O avanço tecnológico permitiu que a robótica e simuladores sejam empregados como estratégia de apoio ao ensino aumentando a compreensão dos discentes sobre os objetivos envolvendo processos dinâmicos. É esperado que esses softwares aumentem a motivação dos alunos, tornem mais fácil a aprendizagem e alterem a metodologia tradicional atual de transmissão de conhecimento pelos docentes. Este artigo tem como objetivo analisar aspectos motivacionais de um simulador imersivo e interativo voltado para apoiar o ensino do algoritmo de escalonamento de disco FCFS. Além disso, é mostrado o teste de usabilidade do simulador em um laboratório de computação (visualização 2D do simulador) e um ambiente imersivo, baseado no uso de um HMD (*Head-mounted display*).

3. Simulador de escalonamento de disco

O simulador foi desenvolvido utilizando o motor de jogos Unity-3D, que é usado para criar jogos de alta qualidade para plataformas desktop, dispositivos móveis, aplicativos da Web e consoles, e que permite visualização 3D de conteúdo interativo [5] em conjunto com a linguagem de programação C# (Sharp) para edição de script. Para a modelagem, simulação, texturização e edição de vídeo foram utilizados Blender e o 3Ds MAX 2018;

A partir dessas ferramentas foram definidos o ambiente virtual da simulação, os equipamentos de interação (dispositivos de entrada como *joystick*, teclado e mouse) e a plataforma de execução do *software desktop* ou HMD. Durante a simulação o usuário navega entre bancadas com funcionalidades específicas. A aproximação e visualização de elementos como um monitor e disco magnético faz com que as simulações iniciem. Na figura 1 é mostrado a bancada de exibição dos conceitos do algoritmo FCFS.

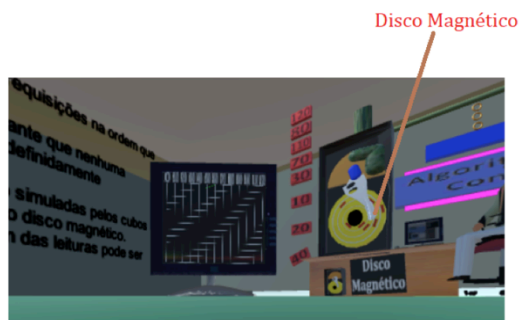


Figura 1. Conceitos do algoritmo FCFS

O algoritmo FCFS atende as requisições na ordem que elas chegam ou seja, a requisição que chegou mais cedo é atendida em primeiro lugar [1]. No simulador a ordem das requisições de leitura é visualizada no monitor ao mesmo tempo que é simulado as gravações no disco magnético. As requisições são visualizadas no simulador em forma de cubos vermelhos que caem ao lado do disco magnético. O disco magnético que é apresentado no ambiente virtual possui os principais componentes de um disco real.

4. Metodologia utilizada

Uma vez concebido o produto de *software* é necessário validar se ele atende às necessidades do usuário final. Para isso, o simulador de algoritmo de escalonamento de disco foi submetido a testes do perfil do usuário (pré-teste), teste de usabilidade e teste de aspectos motivacionais com 24 estudantes do Instituto Federal de Pirituba São Paulo – IFSP com idade de 14 a 17 anos matriculados no segundo ano do Ensino Técnico de Redes de Computadores Integrado ao Médio.

Os testes aplicados foram organizados nas seguintes etapas: 1 - Aplicação do pré-teste de perfil e divisão aleatória da turma em dois grupos que testaram o simulador no o ambiente de um HMD e utilizando o simulador em um computador convencional (*desktop*). 2 - Após a utilização do simulador foi aplicado o questionário de usabilidade. 3 - Depois é introduzido o questionário sobre aspectos motivacionais. Ambos os questionários foram respondidos usando a escala de mensuração citada por Likert (1932)[11] para cada questão (Discordo fortemente; Discordo; Nem discordo, nem concordo; Concordo; Concordo fortemente).

4.1. Perfil do usuário

Para uma análise mais criteriosa dos resultados obtidos é necessário conhecer o perfil dos usuários. Para isso, foi elaborado o questionário do perfil do usuário com as informações relevantes para elucidar questões como: há quanto tempo o aluno utiliza o computador, locais em que costuma utilizar, utiliza o computador com qual finalidade e bem como, informação sobre idade e sexo.

4.2. Teste de usabilidade

Para elaboração do questionário de usabilidade foram realizadas adaptações as heurísticas de Nielsen (1994) [10] a fim de reinterpretar as especificidades de suas áreas [6, 7, 8,

9). Neste caso foi levado em consideração aspectos relacionados a facilidade de uso e imersão de acordo com a ISO 9241-11 [2]. Questões abertas também foram feitas aos usuários no intuito de que os mesmos pudessem expressar suas considerações livremente tais como: aspectos positivos, aspectos negativos, desconfortos e sugestões.

Tabela I. Questionário de usabilidade

1. Foi fácil entender como utilizar a aplicação; 2. O tempo de resposta às ações dentro do ambiente é aceitável; 3. O aplicação deu suporte para desfazer e refazer momentos indesejado e proporcionou uma forma clara de navegar; 4. Quando existiam mensagens na aplicação, sejam textuais ou em áudio, a linguagem era explicativa; 5. Quando existiam mensagens na aplicação, sejam textuais ou em áudio, a linguagem é facilmente entendida; 6. A ajuda do sistema, através de áudio e texto, instrui de forma clara o que deve ser realizado; 7. As instruções para uso da aplicação é fácil de ser reconhecida; 8. O monitores de vídeo do gráfico FCFS é de fácil compreensão e explicativo; 9. Os objetos que me foram apresentado na simulação foram suficiente para o entendimento; 10. Não tive nenhum desconforto ao executar a aplicação; 11. Me senti mais no ambiente do simulador do que no mundo real; 12. Eu perdi a consciência do que estava ao meu redor enquanto utilizava o simulador.
--

4.3. Teste de aspectos motivacionais

Para avaliar se simulador tem potencial para estimular a motivação no processo de ensino de algoritmos de escalonamento de disco foi aplicado um questionário após o uso do simulador para aferir a motivação e o aprendizado. Foi utilizada para a construção do questionário uma adaptação do modelo de avaliação de treinamentos de Kirkpatrick (1994) [4]

Donald Kirkpatrick (1994) criou um modelo de avaliação de treinamento baseado em quatro níveis. Segundo Kirkpatrick, cada nível tem sua importância e, conforme se passa de um nível para o seguinte, o processo se torna mais complexo e demorado, porém, fornece resultados mais valiosos, os níveis descritos são:

- Reação: onde se mede a satisfação e valor percebido do treinamento;
- Aprendizagem: levanta o quanto os participantes podem mudar de atitude, ampliar seus conhecimentos e habilidades;
- Comportamento: identifica o quanto os participantes mudaram seu comportamento em decorrência do que foi aprendido;
- Resultados: identifica os ganhos obtidos.

Para elaboração do questionário de aspectos motivacionais foi utilizado o primeiro nível de Kirkpatrick - a reação - que avalia qual foi a percepção do participante a respeito da experiência do aprendizado. Ambientes de aprendizagem precisam ser projetados com cuidado para provocarem um nível adequado de motivação nos estudantes [12].

Outro modelo utilizado foi o ARCS proposto por John Keller (2009)[3], que tem seu foco em interação dos alunos com os ambientes de aprendizagem. ARCS é um acrônimo para as quatro categorias de estratégias para motivar os alunos na aprendizagem: Atenção, relevância, confiança e satisfação no original: *attention, relevance, confidence, satisfaction* [3].

- Atenção: respostas cognitivas aos estímulos instrucionais. É um elemento motivacional e pré-requisito para a aprendizagem;
- Relevância: a proposta educacional deve ser consistente com seus objetivos e que consiga conectar o conteúdo da aprendizagem com seu futuro profissional;
- Confiança: a proposta deve criar expectativas positivas, isso pode ser alcançado ao se proporcionar experiências de sucesso decorrentes de suas próprias habilidades e esforço;

- Satisfação: os alunos precisam ter sentimentos positivos sobre a experiência de aprendizagem, o que alcançado com recompensas e reconhecimento.

Para ser utilizado na avaliação a proposta de Keller (2009) possui um instrumento denominado *Instructional Materials Motivational Scale – IMMS*, que se materializa em um questionário para ser aplicado depois que os estudantes utilizam um material educacional [3].

Tabela II. Questionário de aspecto motivacional

1. O design da interface do simulador é atraente; 2. A interface gráfica do simulador é agradável; 3. Eu aprendi algumas coisas com o simulador que foram surpreendentes ou inesperadas; 4. O conteúdo do simulador é relevante para meus interesses; 5. Eu gostei tanto do simulador que gostaria de aprender mais sobre o assunto abordado por ele; 6. O simulador apresentou um conteúdo abstrato de forma prática; 7. Senti que estava tendo progresso durante o desenrolar do simulador; 8. O simulador me manteve motivado a continuar utilizando-o; 9. Eu utilizaria este simulador novamente; 10. Depois de utilizar o simulador, eu consigo lembrar de mais informações relacionadas ao tema apresentado no simulador; 11. Depois de utilizar o simulador, eu consigo compreender melhor os temas apresentados no simulador; 12. Depois de utilizar o simulador, eu consigo aplicar melhor os temas relacionados com o simulador.

5. RESULTADOS OBTIDOS

Essa seção tem por finalidade apresentar os resultados obtidos nos testes: pré-teste (perfil), teste de usabilidade e teste de aspectos motivacionais e posterior discussão.

5.1. Perfil do usuário

Na análise do pré-teste de perfil onde mais de uma resposta poderia ser assinalada, foi possível afirmar das respostas que a maioria dos alunos tinham acesso a computadores sendo, 52% dos entrevistados utilizam o computador em casa, 46% utilizam na escola e os demais em *lan-House*.

Na questão sobre finalidade do uso do computador foi possível verificar que dos entrevistados, aproximadamente 66%, utilizam o computador para jogos off-line, 54% para jogos on-line, 100% para navegação na web e 83% utilizam o computador para para redes sociais. Com relação ao tempo de uso do computador pelos alunos, foi possível constatar que 95% dos alunos utilizam o computador a mais de três anos e 5% utilizam o computador de um a três anos.

5.2. Teste de usabilidade

Para o teste de usabilidade os alunos entrevistados foram divididos em dois grupos que testaram o simulador no ambiente o *Desktop* e o outro grupo para o HMD. É importante ressaltar que o questionário de usabilidade aplicado ao grupo HMD possuía duas questões a mais que sobre a sensação de imersão no simulador. A Figura 4 exhibe os resultados obtidos do teste de usabilidade utilizando o simulador em um *desktop* e possui 10 questões.

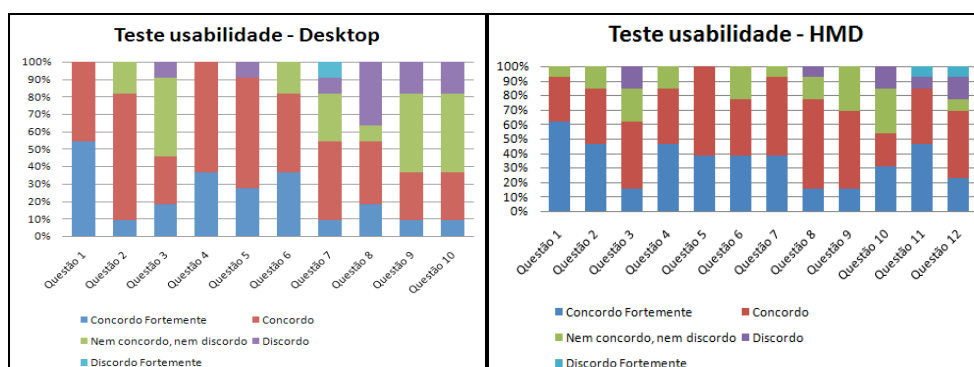


Figura 2: Resultados do teste de usabilidade – *desktop* e *HMD*

5.3. Teste de aspectos motivacionais

A figura 3 exibe os resultados da aplicação do teste de aspectos motivacionais.

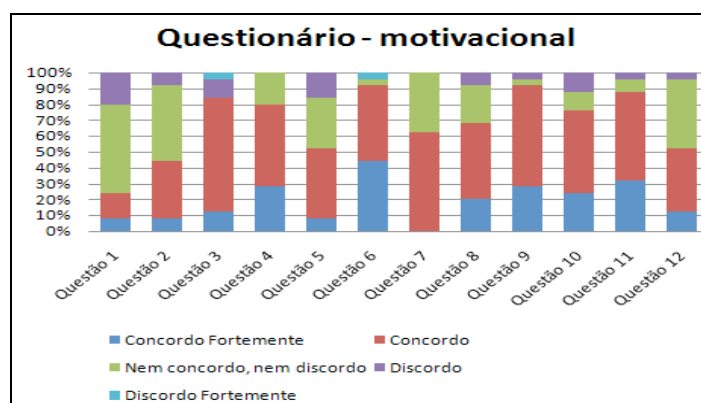


Figura 3: Resultado do teste de aspectos motivacionais

A figura 4 apresenta o resumo de média e moda do teste de aspectos motivacionais por grupo. Os valores utilizados para o cálculo da média são os valores da escala Likert [11].

#	Questão 1	Questão 2	Questão 3	Questão 4	Questão 5	Questão 6	Questão 7	Questão 8	Questão 9	Questão 10	Questão 11	Questão 12
GERAL												
Média	3,12	3,44	3,76	4,08	3,44	4,28	3,63	3,80	4,16	3,88	4,16	3,60
Moda	3,00	3,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	3,00
Desktop												
Média	2,92	3,33	3,67	3,92	3,25	4,50	3,45	3,83	4,08	4,00	4,00	3,33
Moda	3,00	3,00	4,00	4,00	4,00	5,00	3,00	4,00	4,00	4,00	4,00	3,00
HMD												
Média	3,38	3,54	3,69	4,15	3,69	4,08	3,69	3,77	4,23	3,92	4,38	3,85
Moda	3,00	3,00	4,00	4,00	3,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00

Figura 4. Resumo de média e moda por grupo baseado na escala Likert.

6. Discussão

A discussão será feita sobre os aspectos importantes percebidos nos resultados obtidos e apresentados anteriormente. A seguir será apresentada a discussão dos aspectos positivos elencados no teste de usabilidade:

- Facilidade de uso: que pode ser observado pela questão 1, 55% dos alunos fortemente concordaram e 45% concordaram na execução do simulador em um ambiente *desktop*, no ambiente *HMD* aproximadamente 60% dos alunos concordaram fortemente e 30% concordam que o simulador é convidativo ao seu uso, mesmo na primeira vez que o utiliza, pode-se concluir que os usuários sentiram facilidade ao utilizar o simulador;

- Flexibilidade e eficiência de uso: no ambiente HMD conforme avaliado na questão 2, aproximadamente 45% dos alunos concordaram que o tempo de resposta às ações dentro do ambiente é aceitável. Essa avaliação no ambiente de desktop foi de 70% concordaram com o tempo de resposta. Pode-se dizer que o tempo de resposta do simulador está de acordo com as expectativas do usuário;
- Compatibilidade do sistema com o mundo real: na questão 3 observa-se que as mensagens textuais e audíveis foram facilmente entendidas 45% dos alunos que utilizaram o simulador no ambiente desktop responderam que não concordam e nem discordam, e 10% discordaram. No ambiente HMD 46% dos alunos concordaram e 23% não concordaram nem discordaram. Na questão 8 foi possível verificar que os objetos que aparecem na tela foram de fácil compreensão para o desktop aproximadamente 35% discordaram e 35% concordaram, para os alunos que utilizaram o simulador no HMD 60% concordaram. Pode-se se dizer que os alunos que utilizaram o simulador no desktop acharam que existe baixa compatibilidade do sistema com o mundo real, enquanto que os usuários que experimentaram o simulador na realidade virtual descreveram uma compatibilidade maior;
- Prevenção de erros: os textos e áudios explicativos demonstraram na avaliação atenderem às expectativas de modo a orientar os alunos com o uso do simulador conforme pode ser verificado pela questão 5 onde 38% dos alunos concordaram fortemente e 60% concordaram no ambiente HMD, no ambiente desktop essa porcentagem foi de aproximadamente 60% concordaram fortemente e aproximadamente 30% concordaram, o que mostra que o simulador conduziu o usuário de maneira correta;
- Reconhecimento ao invés de lembranças: foi avaliado pela questão 7, neste caso 45% dos alunos que utilizaram o simulador no desktop concordaram e 53% no ambiente HMD concordaram que as instruções são fáceis de serem reconhecidas. Conclui-se que embora tenha aspectos a melhorar é possível realizar as tarefas de maneira fácil no simulador;
- Satisfação: a satisfação dos alunos pode ser analisada pela questão 10 presente nos questionários tanto desktop quanto no HMD. Para os alunos que experimentaram o simulador no ambiente desktop 45% dos entrevistados responderam que não concordam e nem discordam, ou seja, para estes entrevistados a aparência do simulador parece não influenciar nem positivamente nem negativamente. Para os que utilizaram o simulador no HMD 30% responderam que não concordam e nem discordam da aparência do simulador, porém 30% apontaram que concordam fortemente com a interface, portanto, pode-se dizer que a experiência dos usuários com o simulador nesta plataforma atende favoravelmente ao aspecto de satisfação;
- Imersão: foi avaliado apenas no ambiente HMD neste caso, a avaliação pode ser observada pelas questões 11 e 12 nos resultados obtidos pode-se observar que aproximadamente 45% dos alunos concordaram fortemente e 40% concordaram ter a sensação de se sentir dentro de um ambiente imerso. Sobre se os alunos se sentiram mais no ambiente do simulador que no mundo real aproximadamente 45% dos alunos concordaram e 25% concordam fortemente. O padrão de respostas demonstra que o simulador ofereceu aos usuários a sensação de imersão.

A seguir será apresentada a discussão dos aspectos negativos elencados no teste de usabilidade:

- Ajuda e documentação: pode-se observar que a ajuda inicial instruiu os alunos de como proceder ao utilizar o simulador, como pode-se verificar na questão 6 onde aproximadamente 35% concordaram fortemente e 35% concordaram no ambiente HMD, no ambiente desktop 35% concordaram fortemente e 45% concordaram. As

respostas demonstram que embora exista uma orientação inicial e ajuda ela foi insuficiente para guiar o usuário no uso do simulador;

- Estética e design minimalista: na questão 9, foi possível avaliar a questão de estética e designer, nessa avaliação 45% dos alunos não concordaram nem discordaram e 30% concordam no ambiente desktop que os objetos apresentados foram suficientes para entendimento do algoritmo e no ambiente HMD aproximadamente 55% dos alunos concordaram e 30% nem concordaram nem discordaram. A maior parte das respostas do item sugere que a parte de gráfica do simulador é um item que deve ser melhorado;

O teste de aspectos motivacionais foi aplicado para todos alunos que utilizaram o simulador em ambos os ambientes, para cada item do modelo ARCS avaliado foi efetuada uma discussão elencando pontos positivos e negativos em cada ambiente:

- Atenção: o assunto é abordado nas questões 1, 2 e 8. Na questão 1, o valor médio das respostas sobre a interface ser atraente para o ambiente desktop foi de 2,92 enquanto para o HMD a média foi de 3,38 mostrando que a percepção do usuário da interface é melhor no HMD. Na questão 2 a média obtida para a agradabilidade da interface foi similar nos dois ambientes, na questão 8 onde avaliou-se se o simulador mantém o aluno motivado a continuar a utilizar o simulador observa-se 3,83 no ambiente desktop e 3,77 no ambiente HMD. Pode-se afirmar que a agradabilidade da interface do simulador nos dois ambientes é um item que requer melhorias. Ou seja, tornar a interface mais agradável deve ser um ponto de melhoria para o projeto. De maneira geral os usuários do simulador se sentiram motivados a continuar utilizando-o, este assunto é abordado na questão 3 e a média de respostas foi similar para os dois grupos.
- Satisfação: o tema é abordado nas questões 3 e 7. Os dois grupos também obtiveram respostas similares sobre aprender coisas surpreendentes ou inesperadas com o simulador, a média das respostas é aproximadamente 4, ou seja, os alunos concordam. O segundo aspecto sobre a satisfação é a motivação em utilizar e prosseguir utilizando o simulador que foi aferido na questão 7 e os alunos que utilizaram o HMD obtiveram média de resposta superiores ao desktop, ou seja, os alunos que utilizaram o simulador com o óculos de realidade virtual se sentiram mais satisfeitos e mais propensos a continuar utilizando o sistema.
- Relevância: apresentado aos usuários nas questões 4 e 5. Os valores obtidos foram similares em ambos os ambientes tendo uma pequena variação favorável para o ambiente HMD (4,15 e 3,92 para desktop). Os alunos que experimentaram o simulador no desktop responderam na maior parte que concordam fortemente que o simulador apresentou um conteúdo abstrato de forma prática, chegando a um resultado médio de 4,50 enquanto alunos que utilizaram o HMD obtiveram média de 4,08. Pode-se concluir que o quesito foi melhor contemplado com o ambiente convencional.
- Confiança: Os dois grupos obtiveram média de respostas similares sobre a confiança no sistema, considerando o aspecto de que o usuário utilizaria novamente o simulador.
- Conhecimento (reação): o tema foi abordado no questionário de aspectos motivacionais nos itens 10,11 e 12. As questões que abordaram a compreensão, retenção e aplicação do conhecimento sobre tema apresentado pelo simulador obtiveram resultados similares nos quesitos compreensão e retenção. Já para os usuários do HMD a média de respostas para a aplicação do conhecimento foi maior (3,85 para HMD e 3,33 para desktop).

Outros aspectos positivos foram percebidos dos alunos nas questões abertas. As respostas mais recorrentes foram: “facilidade do uso do simulador”, “as explicações textuais e áudios auxiliam no uso do simulador”, “o uso da tecnologia para apresentar um tema de difícil entendimento”. Alguns aspectos para a melhoria do projeto também foram apontados como: “a melhora da interface gráfica” e “controle de volume para os áudios”. Um único fator de desconforto foi relatado na utilização do simulador no HMD em que o aluno se sentiu constrangido em fazer os movimentos na sala junto ao grupo. De modo geral foram obtidos

bons resultados com o simulador que poderão nortear futuras implementações e melhorias no projeto.

7. Considerações finais e trabalhos futuros

Existe um interesse crescente em usar simuladores para facilitar o processo de ensino/aprendizagem em cursos de sistema operacional. Portanto, este artigo apresenta um aplicativo de realidade virtual que simula o algoritmo de escalonamento de disco FCFS que pode ser executado em um ambiente imersivo e interativo de HMD ou em um *desktop*. Nos testes de usabilidade e no teste de aspectos motivacionais, foi possível concluir que o simulador proporcionou maior satisfação aos alunos no aprendizado de algoritmo de escalonamento de disco FCFS, além disso o simulador provou que pode ser utilizado com sucesso no ambiente escolar, pois, capta e mantém a atenção do aluno no tema, promove maior compatibilidade de um assunto abstrato com o mundo real aumentando a relevância do tema para o usuário. É importante destacar que o simulador foi útil para a compreensão, retenção e aplicação do conhecimento sobre o tema apresentado.

No futuro, planeja-se melhorar o simulador adicionando novos algoritmos de escalonamento de disco, melhorar a interface gráfica, aumentar a quantidade de áudios e controles de volume, também adicionar a arquitetura física interna de disco sólido e realizar novamente experimentos para determinar o efeito do simulador na aprendizagem dos alunos.

Referências

- [1]H. M. Deitel, and P. J. Deitel, Java: Como Programar. 4^a ed. Porto Alegre: Editora Bookman, 2002.
- [2]ISO 9241-11(1998).”Ergonomic requirements for office work with visual display terminals (VDTs) -- Part 11: Guidance on usability”
- [3]J. M. Keller, Motivational Design for Learning and Performance: The ARCS Model Approach, Springer, 2009.
- [4]D. L. Kirkpatrick, Evaluating Training Programs - The Four Levels. Berrett-Koehler Publishers, Inc. 1994.
- [5]Unity, “Unity Soluções,” <https://unity.com/pt/solutions>, último acesso: Maio 2018.
- [6] R. L. Mack, and J. Nielsen, Usability inspection methods. Wiley & Sons, 1994.
- [7] J. Nielsen, Usability Engineering. San Francisco: Morgan Kaufmann. 362p, 1993.
- [8]V. F. Martins, and L. A. Moura, Evaluation Methodology Criteria for Automatic Transcription System of Radiology Reports. Communications in Computer and Information Science, v. 3, pp. 194-203, 2011.
- [9]A. Sutcliffe, and B. Gault, Heuristic evaluation of virtual reality applications. Interacting with computers, vol. 16, n. 4, pp. 831-849, 2004.
- [10]J. Nielsen, ”Heuristic Evaluation”. In: J. Nielsen (ed.) Usability Inspection Methods. John Wiley, New York, 1994.
- [11]R. Likert, “A Technique for the measurement of attitudes”. Archives of Psychology, 140, pp. 1-55. 1932.
- [12]W. Huang, et al. A Preliminary Validation of Attention, Relevance, Confidence and Satisfaction Model-Based Instructional Material Motivational Survey in a Computer-Based Tutorial Setting. British, Journal of Educational Technology, v. 37, n. 2, p. 243-259, Março, 2006.