

Um Ambiente Integrado de Simulação para Auxiliar o Processo de Ensino/Aprendizagem da Disciplina de Sistemas Operacionais

Cleyton Caetano de Souza⁴, Thiago Rodrigues Medeiros², Renê Nóbrega de Sousa Gadelha¹, Tiago Davi Neves de Sousa³, Edilson Leite Silva², Ryan Ribeiro de Azevedo¹

¹Centro de Informática – Universidade Federal de Pernambuco
(CIN-UFPE) Recife, PE – Brasil

²Departamento de Ciência da Computação – Centro Universitário de João Pessoa
(DCC – UNIPE) João Pessoa, PB – Brasil

³Departamento de Informática – Universidade Federal da Paraíba
(DI-UFPB) João Pessoa, PB – Brasil

⁴Departamento de Sistemas e Computação – Universidade Federal de Campina Grande
(DSC-UFCG) Campina Grande, PB – Brasil

{cleyton.caetano.souza, thiagorodrigues.medeiros, renegadelha, edilson.leite}@gmail.com, rra2@cin.ufpe.br, tiagodvneves@yahoo.com

Abstract. *The content of the discipline of Operating Systems (OS) is exposed so deeply theoretical, thus hindering students learning. In this context, the inclusion of educational simulators emerged as a possible solution, however in general literature there is not a unified solution that addresses the whole menu of discipline. The aim of this paper is to present the SI – SO, a educational simulator that stands out for the menu cover much of the discipline, both in terms of practical to theoretical. This simulator was used in the classroom, where he observed the benefits of its application in the teaching and learning.*

Resumo. *O conteúdo da disciplina de Sistemas Operacionais (SO) é exposto de modo profundamente teórico, prejudicando assim a aprendizagem dos alunos. Nesse contexto, a inserção de simuladores educacionais surge como uma possível solução, entretanto na literatura em geral não há uma solução unificada que contemple toda a ementa da disciplina. O objetivo deste trabalho é apresentar o SIN um simulador educacional que se destaca por abranger o núcleo da ementa da disciplina, tanto no aspecto prático quanto no teórico. Esse simulador foi utilizado em sala de aula, onde se observou os benefícios de sua aplicação no processo de ensino e aprendizagem.*

1. Introdução

A disciplina de Sistemas Operacionais (SO) está presente de forma obrigatória nos cursos de graduação em Computação e Informática [SBC 2005]. Nesta disciplina, os alunos aprendem, de forma genérica, os conceitos relacionados ao funcionamento de um SO. Entretanto, compreender tais conceitos é uma tarefa árdua, principalmente, porque a disciplina de SO envolve uma grande quantidade de problemas e soluções que

ocorrem em um sistema computacional complexo que pode executar diversas tarefas, complementares e interdependentes [Maziero 2000].

Uma das contribuições para a dificuldade no aprendizado dos assuntos e temáticas relacionados a essa disciplina, além da complexidade inerente a mesma, é o fato de serem apresentados aos alunos apenas de forma teórica. Quando a disciplina é lecionada apenas de forma teórica, dificilmente, os alunos compreendem e assimilam o conteúdo de forma satisfatória [Perez-Davilla 1995]. Diante do exposto, o ensino da teoria de SO deve ser combinado com atividades práticas significativas e bem elaboradas, que complementem as aulas teóricas e, sobretudo, permitam ao aluno uma compreensão integrada das diversas partes do SO.

Nesse contexto, a utilização de simuladores é incentivada e recomendada, pois permite ao professor apresentar aos alunos de forma visual e prática os conceitos abstratos relacionados a disciplina. Com o uso dos simuladores os alunos capturam as sutilezas e deficiências dos algoritmos simulados [Maziero 2000]. Neste trabalho é apresentado o SIN, um ambiente integrado de simulação para a disciplina de SO e que se destaca sobre trabalhos anteriores por abranger todo o núcleo da ementa dessa disciplina. O SIN foi avaliado por três turmas e os resultados obtidos comprovaram sua relevância no auxílio do processo de ensino/aprendizagem da disciplina de SO.

O restante deste trabalho está organizado da seguinte forma: na Seção 2 são apresentados alguns conceitos sobre disciplina de SO e seu conteúdo. Na Seção 3 é detalhada a proposta e seus módulos. Os resultados da utilização do SIN em sala de aula são apresentados na Seção 4 e na Seção 5 são apresentados os trabalhos correlatos à proposta. Por fim, na Seção 6 são apresentadas as conclusões e trabalhos futuros.

2. Sistemas Operacionais (SO)

A disciplina de SO é de caráter obrigatório nos cursos de graduação em Computação e Informática [SBC 2005]. Essa disciplina é fundamental e tem como principal objetivo fornecer ao estudante conhecimentos relativos aos fundamentos da arquitetura de um SO [Carvalho et al 2006]. Um SO pode ser definido como um conjunto de rotinas capazes de gerenciar a execução e o compartilhamento de todos os recursos oferecidos pelo computador, desde processadores e memória até dispositivos de entrada e saída de dados. Os assuntos clássicos, considerados como núcleo da ementa, dessa disciplina são Gerência de Processos (a), Gerência de Memória (b), Sistema de Arquivos (c) e Gerência de Dispositivos de Entrada e Saída (d) [Maziero 2000].

A Gerência de Processos consiste na atividade mais importante de um SO, pois controla os acessos concorrentes à Unidade de Controle e Processamento (UCP) por parte dos múltiplos processos (tarefas ou *jobs*) que estão alocados na memória principal [Machado 2007]. A função principal da Gerência de Memória é manter o controle de quais partes da memória estão em uso e quais estão livres, alocando memória para os processos quando eles precisam e liberando-a quando eles terminam [Reis e Costa 2009]. O Sistema de Arquivos controla a informação alocada nos diferentes tipos de memória secundária, através da leitura e escrita de dados em arquivos [Tanenbaum 2000]. A Gerência de Dispositivos de Entrada e Saída permite ao SO se comunicar com diferentes dispositivos de Entrada e Saída (E/S), tornando o sistema flexível e permitindo acesso direto entre as aplicações e os diversos periféricos existentes [Machado 2007].

Lecionar esses conceitos é uma tarefa árdua, além da complexidade inerente do assunto, uma das principais dificuldades está em definir um sequenciamento didático claro entre esses tópicos [Maziero 2000]. Por exemplo, a Gerência de Memória também é responsável por realizar a troca de processos entre a memória principal e a memória secundária (*swapping*), por sua vez o estudo sobre a Gerência de Processos exige o conhecimento sobre características ligadas a Gerência de Memória, como espaço de endereçamento, por exemplo. Além disso, de forma geral, esses conceitos são abordados, durante a disciplina, apenas de forma teórica o que dificulta o entendimento por parte dos alunos. Esses problemas fazem com que o modelo tradicional de aula; em que o professor segue uma bibliografia, elabora apresentações e aplica alguns exercícios teóricos; não seja suficiente para que a maioria dos alunos tenha uma compreensão precisa do que está sendo ensinado [Machado e Maia 2004].

Quando a disciplina de SO é lecionada com alta carga teórica, dificilmente, os alunos compreendem o conteúdo de forma satisfatória [Perez-Davilla 1995]. O ensino de SO deve ter uma componente prática significativa e muito bem elaborada, que complemente as aulas teóricas e, sobretudo, permita ao aluno ter uma compreensão integrada das diversas partes de um SO [Maziero 2000]. Nesse sentido, [Machado e Maia 2004] consideram os simuladores educacionais como uma alternativa viável e pertinente nas práticas dessa disciplina. A simulação permite compreender o funcionamento dos algoritmos internos do núcleo de um SO, sua importância e como eles são implementados, permite também fazer a associação e transferência desses algoritmos para situações diferentes, construindo, dessa forma, um entendimento pleno do conteúdo

3. Simulador Integrado para Sistemas Operacionais

A proposta aqui descrita consiste em um ambiente disponibilizado para a plataforma *web* no qual são integradas ferramentas utilizadas para auxiliar o ensino/aprendizagem da disciplina SO. A proposta, denominada SIN (<http://wrco.ccsa.ufpb.br:8080/SimuladorSO/>), consiste no agrupamento de simuladores que juntos abrangem os quatro principais temas abordados no ensino de SO, são eles: Gerência de Processos (a), Gerência de Memória (b), Sistema de Arquivos (c) e Gerência de Dispositivos de Entrada e Saída (d). Esses simuladores são o resultado de trabalhos anteriores que tinham como objetivo principal auxiliar no entendimento de módulos específicos de um SO.

Essas soluções foram integradas com objetivo de fornecer um ambiente completo, que apresente de forma visual, prática e dinâmica o núcleo do conteúdo de SO e de modo que os alunos e professores possam encontrar facilmente, em um único sistema, simuladores sobre os principais assuntos teóricos abordados em sala de aula. A seguir, os Simuladores Integrados que compõem o SIN serão apresentados.

3.1. Simuladores Integrados

O SIN consiste no agrupamento de simuladores que juntos abrangem os quatro principais temas abordados no ensino de SO, como a proposta do projeto foi oferecer um ambiente acessível e que complemente o aspecto prático e teórico do assunto, todos os simuladores integrados são soluções desenvolvidas para a plataforma *web* e oferecem também acesso a teoria a respeito de sua simulação específica. Os simuladores que

foram integrados ao SIN são: TBC-SO/Web [Reis e Costa 2009], o OS Simulator [Gadelha et al 2010] e o IO Simulator [Medeiros et al 2011].

O TBC-SO/Web consiste em um simulador para o ensino/aprendizagem de escalonamento de processos e alocação de memória. Por meio desse simulador, é possível visualizar a execução de 10 algoritmos diferentes relacionados a esses assuntos, além disso, o TBC-SO/Web possui uma propriedade auto-explicativa, pois durante a simulação, janelas gráficas são exibidas ao usuário, permitindo a este complementar o seu conhecimento com detalhes descritivos de cada algoritmo simulado.

O OS Simulator foi desenvolvido com o objetivo de apresentar de forma visual e dinâmica os conceitos teóricos de sistemas de arquivos das disciplinas de SO. Com essa ferramenta, o aluno é capaz de visualizar simulações da gerência de sistemas de arquivos ao escolher um dos três tipos de alocação memória em disco. Além disso, o OS Simulator fornece, através de alguns *links*, acesso a textos do conteúdo teórico relacionado com a simulação. Existem, por exemplo, definição dos conceitos de arquivos, diretórios, fragmentação, etc.

O IO Simulator é um simulador para o sistema de entrada e saída (E/S). Este projeto surgiu da necessidade de expor o conteúdo de E/S, relacionando-os com o computador pessoal, composto por teclado, mouse, impressora e gabinete, presente no cotidiano do aluno. No IO Simulator, o usuário interage com um computador virtual e observa, por meio de animações, como os componentes do sistema de E/S reagem a essa interação e como essa interação está relacionada com uma visão lógica do sistema de E/S.

4. Resultados e Experimentos

É apresentado nesta seção os resultados obtidos com o uso do SIN durante as aulas da disciplina SO. A coleta de dados apresentados foi realizada por meio de um *Survey*, onde foi avaliada a aceitação e a eficiência da ferramenta no processo de ensino-aprendizagem.

Um questionário eletrônico¹ foi adicionado ao ambiente do SIN para permitir aos alunos e professores expor suas impressões a respeito da ferramenta, além de fornecer sugestões para melhorá-la. O SIN foi avaliado por 96 (noventa e seis) estudantes e 3 professores distribuídos nos cursos superiores de Ciência da Computação do Centro Universitário de João Pessoa- UNIPÊ (<http://unipe.br/computacao>) e da Associação Paraibana de Ensino Renovado- ASPER (<http://asper.com.br/computacao>), e no curso de Técnico em Informática do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba – IFPB (<http://ifpb.edu.br>), todas estas instituições pertencentes ao estado da Paraíba.

Por meio deste questionário os estudantes avaliaram o potencial do SIN como ferramenta auxiliar ao ensino de SO. O questionário é composto por questões de múltipla escolha e avalia cinco aspectos do simulador: **(1)** a usabilidade da ferramenta; **(2)** o auxílio no processo de ensino/aprendizagem, **(3)** a exposição de todo o conteúdo programático, **(4)** a suficiência do simulador como ferramenta de ensino, ou seja, se é

¹<http://wrc0.ccsa.ufpb.br:8080/SimuladorSO/questionario.jsp>

possível utilizar o simulador sem o auxílio de um professor, e **(5)** a satisfação do usuário a respeito da ferramenta.

O simulador foi utilizado durante todo o semestre (2011.1) pelos alunos das três instituições, ao fim do período letivo foi solicitado aos alunos que respondessem o questionário avaliando a ferramenta. As disciplinas de SO dessas turmas possuem diferenças significativas em relação à ementa, entretanto as 4 (quatro) gerências principais dos SO aparecem como núcleo comum as três instituições. É apresentado na Figura 1 o percentual das avaliações positivas e negativas em relação aos cinco aspectos citados:

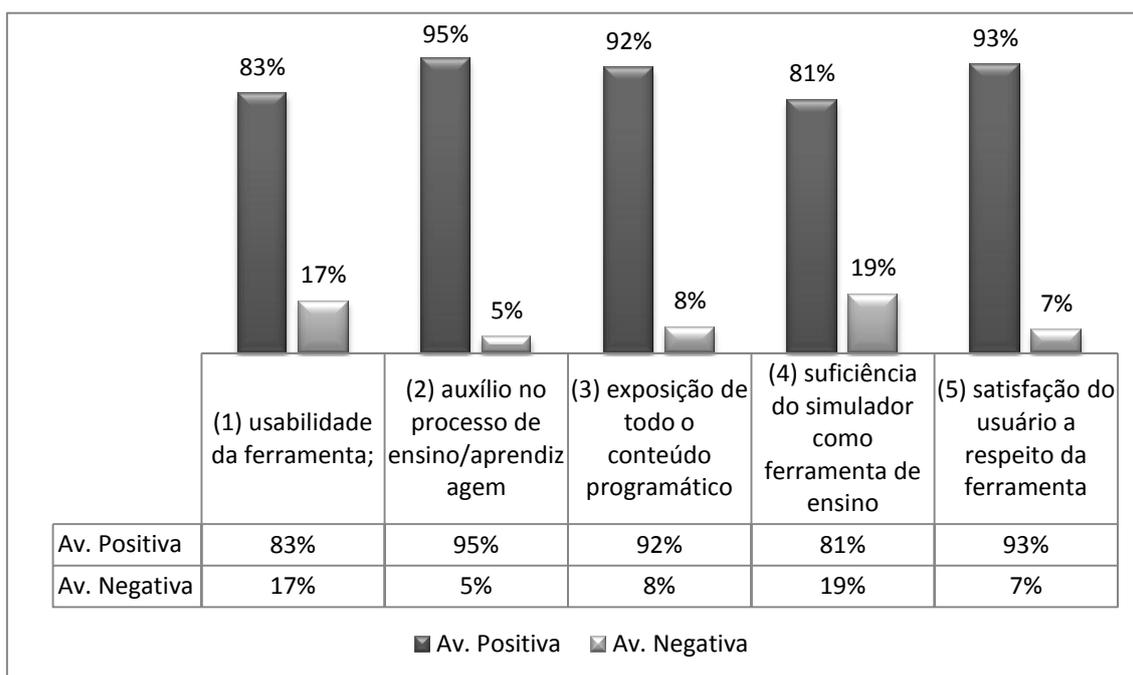


Figura 1: Resultado do Questionário

Pelos resultados obtidos é possível perceber que o SIN foi bem recebido pelos alunos e que a ferramenta cumpre seu objetivo de auxiliar o ensino/aprendizagem de SO. O SIN obteve uma aprovação superior a 80% (oitenta) em todos os critérios avaliados. No questionário os alunos também puderam dar sugestões para o aperfeiçoamento da ferramenta. Nem todos os alunos responderam essa seção (17%). Muitos alunos, no espaço para sugestões, elogiaram a iniciativa do projeto e/ou a didática dos professores com o simulador (31%). O restante dos comentários tratava sobre alguns problemas de compatibilidade do simulador em navegadores (20%) e sobre a inclusão de roteiros para guiar as simulações em cada simulador (15%). Algumas outras sugestões (13%) diziam respeito à adição de novas funcionalidades no simulador. O restante foram sugestões diversas (4%).

Em relação aos docentes que utilizaram a ferramenta, a principal fraqueza apontada por eles no simulador foi à falta de roteiros que guiassem o aluno na simulação. Mesmo assim, eles aprovaram a iniciativa do projeto e pretendem continuar utilizando o SIN em suas aulas. Outro ponto positivo, destacado pelos docentes, foi o aumento na produtividade da aula e no interesse pela disciplina por parte dos alunos.

5. Trabalhos Relacionados

A simulação pode ser usada como uma técnica de ensino e se fundamenta na observação e realização de tarefas por meio de um modelo conceitual simplificado denominado simulador [Pazin Filho & Scarpelini 2007]. A técnica da utilização de simuladores para fornecer um aspecto prático às disciplinas de cunho predominantemente teórico vem se aprimorando ao longo dos anos. No contexto das disciplinas de SO, um simulador muito conhecido é o SOSim [Machado & Maia 2004], que tem como proposta simular o escalonamento e a gerência de processos e a gerência de memória virtual por paginação. O SOSim foi concebido para funcionar nos sistemas da plataforma *Windows* e, inclusive, alguns dos algoritmos simulados são encontrados nessa plataforma. A restrição pela plataforma *Windows*, impossibilita que alunos e professores utilizem esta ferramenta em laboratórios que não oferecem suporte a tal plataforma, fato este comum em laboratórios de instituições públicas².

Além do SOSim, outros simuladores relacionados à simulação da gerência de processos são o wxProc [Rocha et al 2004], um simulador de políticas de escalonamento multiplataforma, que apresenta os algoritmos relacionados a gerência de processos; e a ferramenta proposta por [Isotani et al 2009], que permite capturar os dados sobre os processos em execução no computador. Esses dados são utilizados para simular os algoritmos de escalonamento de processos. O SOIS [Cruz et al 2007] cria um ambiente de simulação computacional onde, através de uma *interface* de visualização, é possível observar o comportamento de um processador e do sistema de entrada e saída (E/S) de um SO, quando um programa escrito especificamente para o simulador é executado.

Todas essas ferramentas possuem vantagens e desvantagens que são tratadas em outros trabalhos: [Gadelha et al 2010] e [Isotani et al 2009]. Entretanto, uma desvantagem em comum é que todas elas se limitam a simular um ou no máximo dois dos subsistemas de um SO. Além disso, esses simuladores educacionais apresentados têm limitações relacionadas ao seu acesso, a exemplo do SOSim e a ferramenta de [Isotani et al 2009], que só funcionam na plataforma *Windows*, e ao fato de não apresentarem nenhum texto informativo sobre a teoria do que está sendo simulado.

A proposta de criar um ambiente integrado para o ensino foi aplicada, por exemplo, em [Almeida et al 2004], onde foi desenvolvido um sistema integrado para o ensino de Teoria da Computação, Arquitetura de Computadores e Programação. Em relação à SO, uma ferramenta similar à apresentada neste trabalho é o S²O [Carvalho et al 2006], um simulador *standalone* desenvolvido em *Java*. Entretanto, o trabalho foi descontinuado, pois não há publicações sobre a evolução do simulador, que teve apenas o módulo de gerência de processos implementado.

O SIN, proposta deste trabalho, é um ambiente de simulação para auxiliar o ensino de SO, que foi concebido sobre as seguintes diretrizes: ser uma ferramenta consideravelmente mais completa em relação às outras já apresentadas, acessível através de um *browser* e que concentre o aspecto teórico e prático relacionado ao conteúdo de SO, ou seja, através da ferramenta o aluno terá a possibilidade de encontrar

² O governo federal e as instituições de ensino superior públicas tem adotado a plataforma Linux na maioria de seus laboratórios.

a definição de conceitos relacionados com a simulação, algo que nos trabalhos correlatos não é totalmente possível.

Na Tabela 1, o SIN (em destaque) é comparado com os trabalhos mencionados anteriormente em relação: ao tópico do núcleo que o simulador trata e ao fato do simulador oferecer acesso a teoria sobre o que está sendo simulado.

Tabela 1: Comparação entre o SIN e os Simuladores da Seção 2

Simulador/Tema	Gerência de Arquivos	Gerência de Memória	Gerência de Processos	Gerência de Entrada e Saída	Conteúdo Teórico
SIN	X	X	X	X	X
SOsim		X	X		
wxProc			X		
[Isotani et al 2009]			X		
SOIS			X	X	X
S ² O			X		

Como observado, o SIN se destaca por se tratar de uma ferramenta mais completa, que abrange um domínio maior do conteúdo didático da disciplina de SO, pois é aplicável em todas as quatro gerências, além do fato do simulador oferecer acesso, através de sua *interface*, a textos relacionados ao conteúdo teórico e que auxiliam no entendimento do tema e da simulação.

6. Conclusões e Trabalhos Futuros

Neste trabalho foi apresentado o SIN, um simulador educacional para SO, que se destaca de soluções anteriores por abranger uma maior parte do conteúdo programático e tanto no aspecto prático quanto no teórico. Além disso, por se tratar de uma ferramenta desenvolvida ser utilizada para lecionar toda a disciplina de SO, seu uso, intuitivamente, é mais prático e rápido.

O SIN foi aplicado em três turmas de instituições particulares e públicas, por alunos de diferentes faixas etárias e de diferentes cursos. A ferramenta foi elogiada e os alunos e professores envolvidos concordaram na importância do simulador como ferramenta auxiliar ao processo de ensino e aprendizagem. Por meio de um questionário, pode-se perceber que o simulador obteve valores acima de 80% em todos os critérios avaliados.

Atualmente, estão sendo desenvolvidos os roteiros e exercícios sugeridos pelos alunos e professores. Com os dados apresentados, é certo afirmar que, no estágio atual, o SIN auxilia os estudantes de maneira eficaz, funcionando como ferramenta de apoio na formação do entendimento sobre a teoria da disciplina de SO, além de servir como instrumento prático de suporte e ajuda aos professores.

Como trabalhos futuros propõem-se aprimoramentos no simulador em relação à acessibilidade. Como, por exemplo, a inserção de áudio sobre o conteúdo da simulação. Outro aprimoramento possível é fornecer as simulações aspectos reais relacionados com o computador do usuário, como acontece na ferramenta de [Isotani et al 2009]. Por fim, propõe-se uma análise empírica sobre o impacto do uso do simulador em relação a notas da turma.

Referências

- Almeida, Eliana S.; Herrera, J.D.; S Filho, L.J.; Almeida, Hyggo O.; Costa, E. B.; Vieira, B.L.; Melo, M.D. (2004). Um ambiente integrado para o auxílio ao Ensino de Ciência da Computação. Colabor@-Revista digital de CVA. Disponível em <<http://pead.ucpel.tche.br/revistas/index.php/colabora/article/viewFile/58/51>>. Acesso em 6 jun. 2011.
- Carvalho, D.S.; Balthazar, G.R.; Dias, C.R.; Araújo, M.A.P.; Monteiro, P;H.R. (2006). S²O: Uma ferramenta de apoio ao Aprendizado de Sistemas Operacionais. Wei. Disponível em <http://200.169.53.89/download/CD_congressos/2006/SBC_2006/pdf/arq0107.pdf>. Acesso em 6 jun. de 2011.
- Cruz, E. H. M., Silva, V. P. e Gonçalves, R. A. L. (2007) “Sistema Operacional Integrado Simulado: Módulo de Entrada e Saída”, XIV Escola Regional de Informática da SBC. Disponível em <[http://www.mydisk.se/bettio/webpage/aulas/2009/ArquiteturaComputadores/Conteudo/Artigo_SistemaOperacionalIntegradoSimulado - M%C3%B3dulo de Entrada e Sa%C3%ADda - Universidade Estadual de Maring%C3%A1.pdf](http://www.mydisk.se/bettio/webpage/aulas/2009/ArquiteturaComputadores/Conteudo/Artigo_SistemaOperacionalIntegradoSimulado-M%C3%B3dulo%20de%20EntradaeSa%C3%ADda-UniversidadeEstadualdeMaring%C3%A1.pdf)>. Acesso em 6 jun. de 2011.
- Gadella, R. N.; Azevedo, R. R.; Oliveira, H. T. A.; Sousa, T. D. N.; Souza, C. C.; Silva, E. L. (2010). OS Simulator: Um Simulador de Sistemas de Arquivos para o Ensino/Aprendizagem de Sistemas Operacionais. 21º Simpósio Brasileiro de Informática na Educação.
- Isotani, Shigueo; Jorge, C.H.; Quitério Júnio, N.M.; Silva, F. S.; Isotani, Seiji. (2009). Uma Ferramenta de Apoio à Aprendizagem de Sistemas Operacionais. Wei. Disponível em <http://csbc2009.inf.ufrgs.br/anais/pdf/wei/st02_05.pdf>. Acesso em 6 jun. 2011.
- Machado, F. B.; Maia, L. P. (2007). Arquitetura De Sistemas Operacionais. 4 Ed, Rio De Janeiro: Ltc.
- Machado, F. B.; Maia, L. P. (2004). Um framework construtivista no aprendizado de Sistemas Operacionais – uma proposta pedagógica com o uso do simulador SOSim. Simpósio Brasileiro de Computação. Disponível em <<http://www.training.com.br/sosim/sbcwei04.pdf>>. Acesso em 6 jun. de 2011.
- Maia, L. P. SOSim: simulador para o ensino de sistemas operacionais. Disponível em: <http://infocao.dominiotemporario.com/doc/sosim_tese.pdf >. Acesso em 6 jun. de 2011.
- Maziero, C. (2002) “Reflexões sobre o Ensino Prático de Sistemas Operacionais”, In Anais do XII Congresso da Sociedade Brasileira de Computação, Florianópolis SC

- Brasil. Disponível em <http://200.169.53.89/download/CD_congressos/2002/SBC_2002/pdf/arq0129.pdf>. Acesso em 6 jun. de 2011.
- Medeiros, T.; Souza, C.; Sousa, T.; Gadelha, R.; Leite, E.; Delfino Júnior, J. (2011). IO Simulator : Um Simulador de Dispositivos de Entrada e Saída para Auxiliar o Ensino de Sistemas Operacionais. Workshop de Educação e Informática. XXXI Congresso da Sociedade Brasileira de Computação.
- Pazin Filho, A. & Scarpelini, S. (2007). Simulação: Definição. Simpósio: DIDÁTICA II. Disponível em <http://www.fmrp.usp.br/revista/2007/vol40n2/2_simulacao_definicao.pdf>. Acesso em 6 jun. de 2011.
- Perez-da Villa, A. (1995). “OS—bridge between academia and reality”. ACM SIGCSE Bulletin,27(1):146–148.
- Reis, F. P.; Costa, H. A. X. C. (2009) “TBC-SO/WEB: Software Educativo para Aprendizagem de Políticas de Escalonamento de Processos e de Alocação de Memória em Sistemas Operacionais”.SBIE, UFSC, Florianópolis.
- Rocha, A. R., Schneider, A., Alves, J. C., Silva, R. M. A. (2004) “wxProc: Um Simulador de Políticas de Escalonamento Multiplataforma”, INFOCOMP Journal of Computer Science, Volume 3 (1) 43- 47. Disponível em <<http://www.dcc.ufla.br/infocomp/artigos/v3.1/art08.pdf>>. Acesso em 6 jun. de 2011.
- SBC - Sociedade Brasileira de Computação. (2005). “Currículo de Referência da SBC para Cursos de Graduação em Computação e Engenharia de Computação-proposta versão 2005”. Disponível em <<http://portal.sbc.org.br/educacao/lib/exe/fetch.php?media=documentos:cr2005.pdf>>. Acesso em: 23 mai. 2011.
- Tanenbaum, A. S.; Woodhull, A. S. Sistemas Operacionais – Projeto e Implementação. 2 ed, Porto Alegre: Bookman, 2000.