

MODELOS DE SIMULAÇÃO A EVENTOS DISCRETOS COMO RECURSOS DIDÁTICOS NO ENSINO MÉDIO

Janaína Ribeiro do Nascimento

Universidade Candido Mendes - UCAM-Campos
Rua Anita Peçanha, 100. Parque São Caetano. Campos dos Goytacazes - RJ
Janaina_rn@yahoo.com.br

João José de Assis Rangel

Universidade Candido Mendes - UCAM-Campos
joao@ucam-campos.br

RESUMO

Este trabalho tem como objetivo avaliar o emprego da simulação a eventos discretos como um instrumento para auxílio didático em aulas de Física no Ensino Médio. A proposta se apresenta devido à facilidade atual para elaboração de modelos de simulação com alto grau de detalhes, a baixo custo e de forma rápida com os softwares de simulação discreta. A utilização de simuladores pode aproximar os alunos da prática do assunto, facilitando a compreensão do tema, tornando, assim, a aula mais agradável e produtiva. Procuraram-se avaliar modelos de simulação construídos com linguagem de propósito geral (Java) e também ambiente de simulação discreta (Arena). Os resultados mostraram que os simuladores podem ser equivalentes quanto ao propósito. No entanto, o modelo construído em Arena foi elaborado por um professor em 7 horas, já o outro foi estimado por um programador experiente na linguagem Java em aproximadamente 50 horas de programação.

PALAVRAS CHAVE. Simulação a eventos discretos, Ensino, Treinamento.

Área principal: SIM – Simulação.

ABSTRACT

This study aims to evaluate the use of discrete event simulation as a tool to didactic aid in Physics classes in high school. The proposal presents itself due to the current facility for development of simulation models with high details, low cost and in a fast way with discrete simulation software. The use of simulators can approach the students to the practice of the subject, facilitating understanding of the subject, thus making the class more enjoyable and productive. Simulation models built with general-purpose language (Java) and also discrete simulation environment (Arena) were tried to evaluate. The results showed that the simulators may be equivalent regarding the purpose. However, the model built in Arena was designed by a teacher in seven hours; the other has been estimated by an experienced programmer in the Java language in about 50 hours of programming.

KEYWORDS. Discrete event simulation. Education. Training.

Main area: SIM – Simulation.

1. Introdução

Em recentes trabalhos, como Silva e Rangel (2011), Van der Zee e Slomp (2009), dentre outros, foi demonstrada uma utilização alternativa para a simulação a eventos discretos (SED) como um instrumento para elaboração de recursos para auxílio didático. Assim, levantou-se a possibilidade de explorar a fronteira da SED para além das tradicionais aplicações de análise de sistemas dinâmicos e estocásticos, como em aplicações típicas de logística e manufatura. Essa hipótese surgiu devido à facilidade atual em se construir modelos de simulação, com alto grau de detalhes, a baixo custo e de forma rápida nos softwares de simulação discreta. Ou seja, a idéia é a construção de modelos de simulação como uma ferramenta de suporte didático para enriquecer uma aula com exemplos dinâmicos do assunto abordado.

Assim, um professor, mesmo que não domine amplamente as linguagens de programação, pode construir, com menor grau de dificuldade, um modelo de simulação utilizando os ambientes de desenvolvimento de SED para demonstrar conceitos a serem exemplificados em sala de aula. Caso haja a necessidade de alterar o modelo, o próprio professor poderá fazê-lo, adequando-o às necessidades exigidas por um assunto. A construção dos modelos didáticos não necessita de grandes recursos laboratoriais, uma vez que se utilizem os ambientes de simulação discreta. Apesar disso, as animações são dinâmicas e possibilitam que os alunos visualizem o desencadear do fenômeno estudado com maior grau de detalhes. Com a adoção desses modelos, as aulas podem tornar-se menos teóricas e estáticas. Essas animações aproximam os alunos do aspecto prático do assunto, utilizando apenas um computador, podendo tornar, assim, a aula mais agradável e produtiva.

Desta forma, o presente trabalho teve como objetivo avaliar como tem sido utilizada a SED como recurso didático para o ensino e treinamento. Para este propósito, um grupo de referência foi estabelecido com base em um esquema de classificação que incluiu 20 trabalhos publicados. Além disso, este trabalho também mostra dois exemplos de simuladores utilizados como ferramentas didáticas e a comparação entre eles. O primeiro simulador foi desenvolvido por programadores utilizando a linguagem de programação Java. Este simulador é normalmente utilizado em aulas de Física para o ensino médio. Já o outro modelo de simulação foi elaborado utilizando um ambiente de SED para ser empregado em uma aula de um curso técnico de nível médio. Neste segundo caso, foi o próprio professor da disciplina quem desenvolveu o modelo de simulação para auxiliar a aula.

2. Utilização de SED no ensino

Segundo Goldsman *et al.* (2010), a história da simulação pode ser escrita a partir de perspectivas como as citadas a seguir:

- Utilização da simulação (análise, formação, investigação);
- tipos de modelos de simulação (discretos, contínuos, e combinados);
- linguagens de programação ou ambientes de desenvolvimento (GPSS, SIMSCRIPT, SIMULA, SLAM, Arena, AutoMOD, Simio); e
- domínios de aplicação ou comunidades de interesse (comunicações, fabricação, militares, transporte).

Por outro lado, White Jr. e Ingalls (2009) mostram que as aplicações da simulação são divididas em duas categorias. A primeira é a utilização em treinamentos e/ou entretenimento, sendo esta mais associada ao propósito de estudo deste trabalho. Já a segunda relaciona-se à construção de modelos para a análise de sistemas e auxílio à decisão.

Assim, para demonstrar a evolução dos trabalhos relacionados à utilização da SED como instrumento de auxílio didático, foi realizada uma revisão de literatura com base no levantamento de publicações, onde o assunto foi tratado. Para efeitos desta análise, o ano de 1993 foi encontrado como ponto de partida das publicações. Com base na pesquisa, 20 trabalhos de 11 periódicos científicos apareceram sobre o assunto de SED aplicada ao ensino e treinamentos. Os artigos foram identificados, analisados, ordenados, e registrados sob um esquema que é mostrado no Quadro 1 em Apêndice. Cada artigo foi classificado por autores, nacionalidade dos autores, ano de publicação, revista ou conferência e área de aplicação.

A busca foi realizada nas seguintes bases de dados: *Science Direct*, Scielo e Google Acadêmico. As palavras chave utilizadas foram simulação a eventos discretos, treinamento, estudantes, didático, ensino e educação. Embora esta análise não possa garantir a classificação de todos os artigos existentes relacionados ao tema, abrange uma parcela para caracterizar as publicações sobre SED aplicada ao ensino e treinamentos.

Os Estados Unidos são o país onde mais autores se interessam em escrever sobre SED aplicada ao ensino e treinamento. Dos 20 artigos, 6 (30%) são de nacionalidade americana como é mostrado pela Tabela 1. O Brasil aparece em segundo lugar, sendo o país de origem dos autores de 3 artigos encontrados. Os artigos brasileiros sobre o tema são também os mais recentes. Isto demonstra que o interesse no assunto acabou de ter início no país.

Tabela 1 – Classificação dos artigos quanto ao país de nacionalidade do autor do artigo.

País do Autor	Artigos	%
Estados Unidos	6	30%
Brasil	3	15%
Holanda	2	10%
Inglaterra	2	10%
Alemanha, Espanha, França, Grécia, Indonésia, México, Suécia	1 cada país	5% cada país
Total	20	100%

No ano de 1993 foi publicado o primeiro artigo, Merten (1993), relacionando SED e treinamento. A classificação dos artigos quanto ao ano de publicação é apresentada na Tabela 2.

Tabela 2 – Classificação dos artigos quanto ao seu ano de publicação.

Ano	Artigos	%
2011	3	15%
2010	2	10%
2009	3	15%
2008 e 2007	2 em cada ano	10% em cada ano
2005	3	15%
2003, 2002, 1999, 1996, 1993	1 em cada ano	5% em cada ano
Total	20	100%

O congresso que mais publicou artigos relacionados ao tema SED aplicada ao treinamento foi o *Winter Simulation Conference* (evento que tem como organizações patrocinadoras IEEE, INFORMS, IIE, dentre outras), conforme mostrado na Tabela 3. Este congresso publicou 45% dos artigos pesquisados.

A Tabela 4 mostra a classificação de acordo com as áreas de utilização, bem como a quantidade de artigos publicados em cada área.

Informática e engenharia de produção foram as áreas mais abordadas pelos artigos pesquisados. Na informática, Nugroho e Suhartanto (2010) propõem a utilização da SED para ensinar conceitos de redes de computadores em escolas. Garrido e Bandyopadhyay (2009) aproveitaram a SED para criar modelos para educar e treinar estudantes e profissionais que trabalham com segurança da informação. Christou *et al.* (2007) relacionaram a SED à criação de experimentos que auxiliem no estudo de sensores de redes de computadores. Já Varga (1999) contribuiu para o ensino de redes de computadores, sistemas paralelos e distribuídos, apresentando um sistema de simulação que é ideal para uso educacional.

Na área de engenharia de produção, Martinez e Canãdas (2010) apresentaram uma nova aplicação para o ensino de sistemas de manufatura. Esta aplicação simula os sistemas de produção com adicionais extensões, facilitando a obtenção de informações específicas. Van der Zee e Slomp (2005) ilustraram como simulação e jogos podem ser usados para apoiar os sistemas de manufatura enxuta, em particular um exemplo de caso da indústria, linha de montagem de inserção de correspondências de forma automatizada. Adams (2005) propôs melhorar o processo

de aprendizagem do aluno nos princípios de gestão da cadeia de fornecedores. Já em Smeds (2003), um método para acelerar aprendizagem em gestão industrial foi apresentado.

Tabela 3 – Classificação dos artigos considerando revistas e congressos onde foram publicados.

Nome	Congresso/ Revista	N	%	Ano de publicação
Winter Simulation Conference	Congresso	9	45%	2011, 2008, 2007, 2005, 2002, 1996 e 1993
IEEE Transactions on Education	Revista	2	10%	2007 e 1999
Annual Frontiers in Education Conference	Congresso	1	5%	2009
Asian Journal of Information Technology	Revista	1	5%	2010
Computer Applications in Engineering Education	Revista	1	5%	2010
Congresso Nacional de Excelência Em Gestão	Congresso	1	5%	2011
Information Security Curriculum Development Annual Conference	Congresso	1	5%	2009
International Journal of Online Engineering	Revista	1	5%	2008
Journal of Simulation	Revista	1	5%	2009
Production Planning & Control: The Management of Operations	Revista	1	5%	2003
Revista Eletrônica Sistemas & Gestão	Revista	1	5%	2011
Total		20	100%	---

Tabela 4 – Classificação dos artigos considerando suas áreas de aplicação

Área	Artigos	%
Engenharia de Produção e Informática	4 cada área	20% cada área
Simulação, Estatística, Física e Militar	2 cada área	20% cada área
Administração, Automação, Economia e Telecomunicações	1 cada área	5% cada área
Total	20	100%

Na simulação, Garcia e Garcia (2008) mostraram uma metodologia para projetar um jogo de simulação interativa, útil para ensinar SED para cursos de graduação. Taylor e Siemer (1996) propõem a utilização de um tutorial inteligente no ensino da SED.

Na área de Física, a SED foi utilizada por Rangel *et al.* (2011) para a criação de um modelo de simulação a eventos discretos a fim de representar uma reação nuclear de fusão. Essa ferramenta foi criada com o objetivo de auxiliar o ensino de Física em turmas de ensino médio. Além disso, Silva *et al.* (2011) apresentaram o desenvolvimento de uma ferramenta computacional, para o ensino de eletricidade.

Para uso militar, a simulação foi usada por Davenport *et al.* (2007) e Mertens (1993). O primeiro artigo apresenta um modelo de simulação com objetivo de explorar várias possibilidades para melhorar o contínuo treinamento no Corpo de Fuzileiros Navais. Já o segundo exemplifica como a simulação pode ser usada para permitir uma melhor relação custo-benefício no treinamento.

Na estatística, Van Til *et al.* (2009) utilizaram simulações para ilustrar o efeito de alterar a distribuição de probabilidade de eventos sobre o comportamento de um sistema. Além disso, geraram dados aleatórios a serem utilizados para analisar o comportamento de um sistema. Rosenshine (2002) propõe o uso de simulação como uma ferramenta de ensino a acelerar o aprendizado e, mais importante, a compreensão da teoria da probabilidade.

Nas outras áreas, merecem destaque, Silva e Rangel (2011), que desenvolveram modelos de animação para representar conceitos em telefonia digital na área de telecomunicações. Van der Zee e Slomp (2009) propõe o uso alternativo de simulação para o treinamento de trabalhadores da indústria em novos procedimentos de trabalho, classificado como uso para administração de empresas. Na Economia, Ståhl (2005) utilizou SED no curso sobre Análise de Decisão (DA). Marangé *et al.* (2008) utilizaram a SED no ensino de automação, garantindo a segurança do equipamento e do operador.

4. Simulador para ensino de Física

Segundo Arantes *et al.* (2010) materiais didáticos digitais vêm sendo cada vez mais produzidos e utilizados em todos os níveis de ensino. A simulação é um dos tipos mais disseminados dessas ferramentas de suporte em sala de aula.

Arantes *et al.* (2010) citam como exemplo uma iniciativa na produção de simulações para o ensino de Física, protagonizada por Carl Wieman, laureado com o Nobel de Física de 2001. PhET - sigla em inglês para Tecnologia Educacional em Física - é um programa da Universidade do Colorado (EUA) que pesquisa e desenvolve simulações na área de ensino de Ciências (<http://phet.colorado.edu>) e as disponibiliza em seu portal para serem usadas on-line ou serem baixadas gratuitamente pelos usuários.

Um dos exemplos encontradas no PhET pode ser visualizada na Figura 2. O exemplo aborda conceitos da reflexão e refração da luz. O simulador foi elaborado pelos programadores do PhET utilizando Java. O modelo oferece a opção de escolha dos ângulos, dos materiais e dos índices de refração. Além disso, permite visualizar os ângulos através de um transferidor e permite, também, visualizar a propagação da onda de luz podendo alterar a sua velocidade.

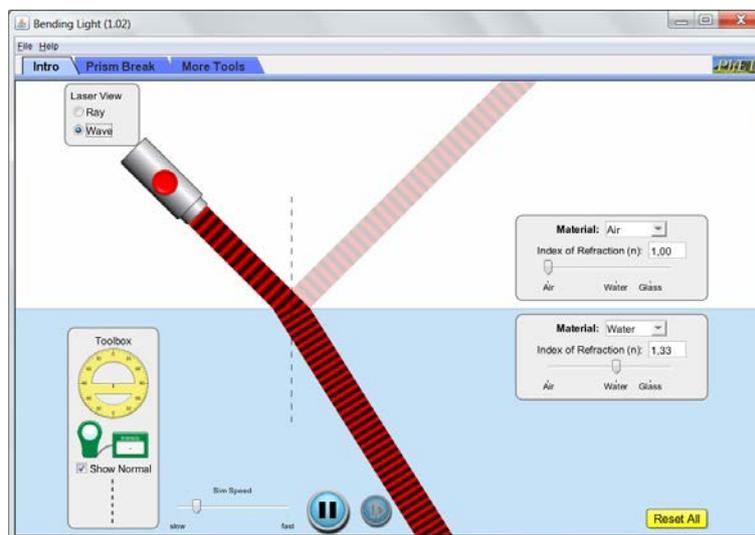


Figura 2 - Área do simulador desenvolvido pelo PhET

Fonte: (<http://phet.colorado.edu/en/simulation/bending-light>)

5. Simulador construído com um Ambiente de SED

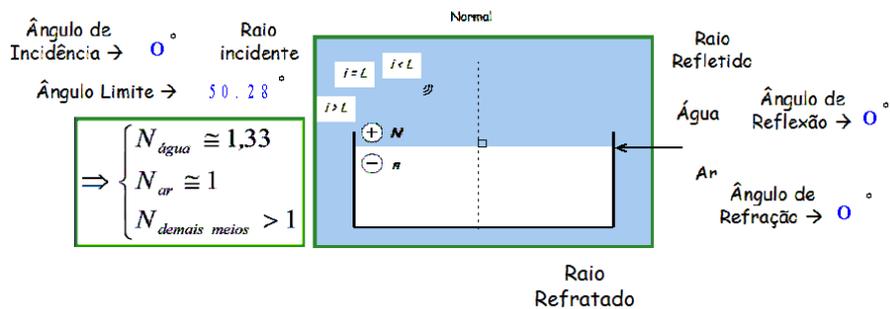
A Figura 3 mostra alguns instantes da animação de um modelo de simulação para ilustrar conceitos de reflexão e refração da luz. O referido modelo foi desenvolvido com a versão livre do software de simulação Arena. Esta versão pode ser baixada, instalada e utilizada por professores e/ou estudantes sem qualquer ônus financeiro.

Apesar de a luz ser um fenômeno contínuo, os modelos de simulação que representaram a ilustração dos conceitos físicos de reflexão e refração de propagação da luz puderam ser representados em um modelo de simulação discreta, onde a entidade foi a onda de luz. O modelo de simulação foi desenvolvido pelo próprio professor da disciplina após ter realizado um treinamento de 20 horas para utilizar o ambiente de desenvolvimento do Arena.

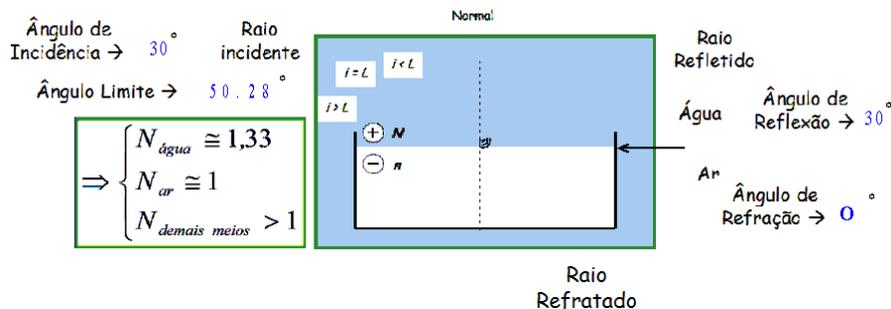
O exemplo mostra a trajetória da luz ao propagar-se da água para o ar. Além de desenhar a trajetória e indicar o ângulo limite pré-definido, a animação mostra o ângulo de reflexão e refração em função do ângulo de incidência escolhido. Como o ângulo escolhido foi de 30° (ângulo menor do que o ângulo limite), o ângulo de reflexão será de 30° e o de refração, de 41°.

O usuário poderá escolher outros valores para o ângulo de incidência e dependendo da sua classificação (menor, igual ou maior do que o ângulo limite), o raio percorrerá uma trajetória diferente, variando também os ângulos de reflexão e refração.

Reflexão e Refração



Reflexão e Refração



Reflexão e Refração

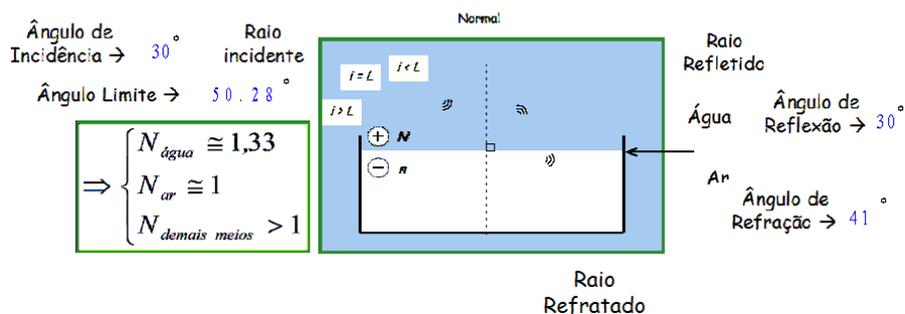


Figura 3 - Animação dos fenômenos de reflexão e refração em 3 instantes diferentes da execução do modelo de simulação em Arena.

Se o ângulo incidente escolhido for maior do que o ângulo limite, acontece a reflexão total da luz, sendo a luz apenas refletida e não mais refratada. A Figura 4 mostra o modelo de

simulação que representa esse fenômeno. No exemplo ilustrado pelo modelo, o ângulo limite é de 50,28°.

Reflexão e Refração

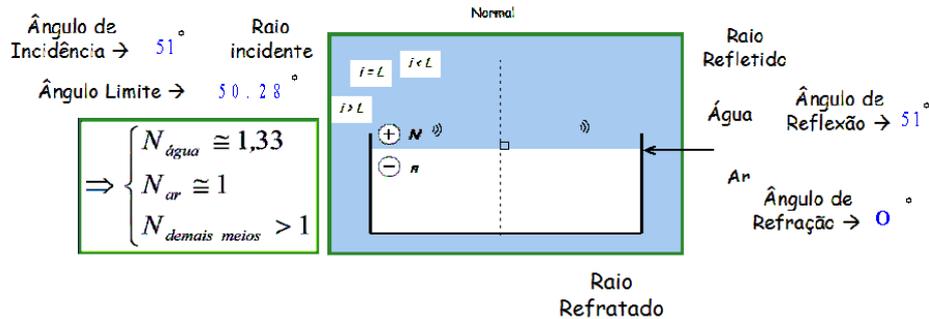


Figura 4 - Animação dos fenômenos de reflexão e refração em 1 instante de execução quando o ângulo incidente escolhido é maior do que o ângulo – Reflexão total da luz

6. Comparação entre os simuladores apresentados

Os dois modelos apresentados trabalham os mesmos conceitos de Física (reflexão e refração de luz) de forma dinâmica. Uma comparação dos modelos é apresentada no Quadro 2.

Quadro 2 – Comparação do Simulador PhET e o simulador em Ambiente SED

Características	Simulador PhET	Simulador em Ambiente SED
Ambiente de desenvolvimento	Java	ARENA
Desenvolvedor	Programador	Professor da disciplina
Licença	Não	Não (Versão Acadêmica)
Interatividade	Sim	Sim
Permite alteração	Não	Sim
Modelo dinâmico	Sim	Sim
Ajuste de visualização	Não	Sim
Grau de detalhamento	Maior	Menor
Tempo de desenvolvimento	50 a 60 horas *	7 horas

* Tempo estimado por um programador experiente com a linguagem Java.

O simulador encontrado no PhET é mais completo, oferece mais recursos do que o desenvolvido em Arena. Este modelo foi elaborado por programadores na linguagem Java, exigindo conhecimentos avançados nessa linguagem de programação para confecção de modelos similares.

Já o modelo feito no ambiente de simulação Arena possui um grau de detalhamento menor. Como o desenvolvedor é o próprio professor da disciplina, este modelo é adequado às necessidades reais da sala de aula. Caso haja o desejo de executar futuras mudanças, o próprio professor poderá fazê-las.

Os ambientes SED oferecem diversos recursos que, explorados, poderão dar dinamicidade a variadas disciplinas. Além disso, a utilização de simuladores em sala de aula não dependerá de encontrar essas ferramentas na internet.

O tempo estimado para a confecção do modelo feito no ambiente SED é de aproximadamente 7 horas. Vale lembrar que o professor (desenvolvedor) recebeu apenas um treinamento equivalente há 20 horas.

7. Conclusão

Este artigo apresentou uma revisão da literatura sobre SED aplicada ao treinamento com 20 artigos em 11 revistas acadêmicas. Para este efeito, uma classificação foi desenvolvida para organizar cada artigo de acordo com sua área de utilização. Além disso, os artigos no esquema proposto foram classificados de acordo com o país de origem do autor, o ano de publicação, a revista ou conferência que publicou o artigo.

Através dessa revisão, verificou-se que a SED, apesar de difundida e consolidada na área de análise, ainda é pouco utilizada em ensino e treinamentos. O uso da simulação para este assunto vem crescendo ao longo dos anos, visto que sua utilização é mais vantajosa por questões de segurança e econômicas. Estes simuladores conseguem, sem necessitar de grandes recursos laboratoriais, apresentar, de forma dinâmica, a abordagem teórica e estática que tenha sido desenvolvida previamente com os alunos em uma aula.

Vale ressaltar que o modelo desenvolvido em Arena foi construído pelo professor da disciplina, que não é um especialista em programação. Assim, uma vez que o próprio professor é o modelador, ele pode fazer alterações no modelo, adaptando-o às necessidades exigidas para facilitar a exemplificação dos conceitos a serem abordados.

Uma avaliação interessante para trabalhos futuros poderia ser a comparação do tempo exato de elaboração dos modelos desenvolvidos em um ambiente de simulação discreta e também em outra linguagem de programação como Java. Além do tempo, o grau de especialização dos programadores dos modelos e a compatibilidade obtida pelos diferentes simuladores em aula. Uma outra abordagem para a avaliação neste contexto seria observar o ganho que poderia ser alcançado pelos alunos após a utilização deste recurso em aula.

Referências

- Adams, J., J. Flatto, et al.** (2005). Combining hands-on, spreadsheet and discrete event simulation to teach supply chain management, *Proceedings of the 2005 Winter Simulation Conference* 2329-2337 M. E. Kuhl, N. M. Steiger, F. B. Armstrong, and J. A. Joines, eds. Piscataway, New Jersey: Institute of Electrical and Electronic Engineers, Inc.
- Arantes A. R., Miranda M. S. e Studart N.** (2010) Objetos de aprendizagem no ensino de física *Física na Escola*, v. 11, n. 1,
- Christou, I. T., S. Efremidis, et al.** (2007). Grid-based virtual laboratory experiments for a graduate course on sensor networks. *IEEE Transactions on Education* 50(1): 17-26.
- Davenport, J., C. Neu, et al.** (2007). Using discrete event simulation to examine marine training at the Marine Corps Communication-Electronics School, *Proceedings of the 2007 Winter Simulation Conference* S. G. Henderson, B. Biller, M.-H. Hsieh, J. Shortle, J. D. Tew, and R. R. Barton, eds.. 1387-1394
- De Giusti, M. R., A. J. Lira, et al.** (2008). Simulation framework for teaching in modeling and simulation areas. *European Journal of Engineering Education* 33(5-6): 587-596.
- Garcia, H. e Garcia, E.** (2008) Enhancing simulation as improvement and decision support system tool , *Proceedings of the 2008 Winter Simulation Conference* S. J. Mason, R. R. Hill, L. Mönch, O. Rose, T. Jefferson, J. W. Fowler eds. 2549-2554
- Garrido, J. M. e Bandyopadhyay, T.** (2009). Simulation model development in information security education, Kennesaw, GA. 2009 Information Security Curriculum Development Conference New York, NY, USA
- Goldsman, D, A e Nance, R, E.** (2010) A Brief History of Simulation Revisited *In Proceedings of the 2010 Winter Simulation Conference* eds B. Johansson, S. Jain, J. Montoya-Torres, J. Hagan, and E. Yücesan 567 – 574 Piscataway, New Jersey: Institute of Electrical and Electronic Engineers, Inc.
- Marange, P., F. Gellot, et al.** (2008). Safety validation of automation systems: Application for teaching of discrete event system contro. *International Journal of Online Engineering* .
- Martínez, M. A. e M. Cañadas** (2010). A tool for the educational study of manufacturing systems. *Computer Applications in Engineering Education* 18(1): 130-143.

- Mertens, S.** (1993). Corps battle simulation for military training, *In Proceedings of the 1993 Winter Simulation Conference* 1053- 1056 G. W. Evans, M. Mollaghasemi, E.C. Russell, W.E. Biles (eds.)
- Nugroho, I. B. and H. Suhartanto** (2010). Design and simulation of Indonesian education grid topology using gridsim toolkit. *Asian Journal of Information Technology* 9(5): 263-271.
- Rangel J. J. A., Teixeira a. C. T., Shimoda e., Lisbôa R. T.** (2010) Simulação a eventos discretos como recurso didático em disciplina de física no Ensino. *Modelo de S & G. Sistemas & Gestão*, v.6, 56-71.
- Rosenshine, M.** (2002) Panel: using simulation to teach probability *Proceedings of the 2002 Winter Simulation Conference* E. Yücesan, C.-H. Chen, J. L. Snowdon, and J. M. Charnes, eds. 1815- 1822.
- Silva, T. M. P; Rangel, J. J. D. S** (2011) Discrete event simulation as didactic support to the teaching of telecommunications systems: applications in digital telephony. *Proceedings of the 2011 Winter Simulation Conference*, S. Jain, R.R. Creasey, J. Himmelspach, K.P. White, and M. Fu, eds. 3893-3903 -Piscataway, New Jersey: Institute of Electrical and Electronic Engineers, Inc.
- Silva, J. V.; Vianna, D. S; Shimoda E; Lisboa R. T.** (2011) Utilização do software de simulação arena para criação de ferramentas de apoio ao ensino. *VII Congresso nacional de excelência de gestão*
- Smeds, R.** (2003) Simulation for accelerated learning and development in industrial management *Production Planning & Control: The Management of Operations* 107-110
- Stahl, I.** (2005) Using discrete event simulation in the teaching of decision analysis *Proceedings of the 2005 Winter Simulation Conference* M. E. Kuhl, N. M. Steiger, F. B. Armstrong, and J. A. Joines, eds. 2280-2289.
- Taylor S. J. E., Siemer, J.** (1996) Enhancing simulation education with intelligent tutoring systems *Proceedings of the 1996 Winter Simulation Conference* ed. J. M. Charnes, D. J. Morrice, D. T. Brunner, and J. J. Swain 675-680
- Van der Zee, D. J. e Slomp J.** (2009) Simulation as a tool for gaming and training in operations management - A case study. *Journal of Simulation* 3(1): 17-28.
- Van der Zee, D. J. e Slomp J.** (2005) Simulation and gaming as a support tool for lean manufacturing systems – a case example from industry *Proceedings of the 2005 Winter Simulation Conference* M. E. Kuhl, N. M. Steiger, F. B. Armstrong, and J. A. Joines, eds. 2304-2313
- Van Til, R., M. Banachowski, et al.** (2009). Using a discrete event simulation program in an engineering probability and statistics course *39th ASEE/IEEE Frontiers in Education Conference Session M2E1 - M2E-5*
- Varga, A.** (1999). Using the OMNeT++ discrete event simulation system in education. *IEEE Transactions on Education* 42(4): 372.
- White Jr, K. P.; Ingalls, R. G.** Introduction to simulation. *In Proceedings of the 2009 Winter Simulation Conference*, eds. M. D. Rossetti, R. R. Hill, B. Johansson, A. Dunkin, and R. G. Ingalls, 12-23. Piscataway, New Jersey: Institute of Electrical and Electronic Engineers, Inc.

Apêndice I

Quadro 1: Publicações em ordem cronológica sobre SED aplicada ao Ensino e/ou treinamento.

	PRIMEIRO O AUTOR	NACIONALIDAD E PRIMEIRO AUTOR	ANO	REVISTA/ EVENTO	ÁREA
1	Silva	Brasil	2011	Winter Simulation Conference	Telecomunicações
2	Rangel	Brasil	2011	Revista Eletrônica Sistemas & Gestão	Física
3	Silva	Brasil	2011	Congresso Nacional de Excelência em Gestão	Física
4	Nugroho	Indonésia	2010	Asian Journal of Information Technology	Informática
5	Martinez	Espanha	2010	Computer Applications in Engineering Education	Engenharia de Produção
6	Van Til	Estados Unidos	2009	39th Annual Frontiers in Education Conference: Imagining and Engineering Future CSET Educ., FIE 2009	Estatística
7	van der Zee	Holanda	2009	Journal of Simulation	Administração de Empresas
8	Garrido	Estados Unidos	2009	2009 Information Security Curriculum Development Annual Conference, InfoSecCD'09	Informática
9	Garcia	México	2008	Winter Simulation Conference	Simulação
10	Marangé	França	2008	International Journal of Online Engineering	Automação
11	Davenport	Estados Unidos	2007	Winter Simulation Conference	Militar
12	Christou	Grécia	2007	IEEE Transactions on Education	Informática
13	Ståhl	Suécia	2005	Winter Simulation Conference	Economia
14	Van der Zee	Holanda	2005	Winter Simulation Conference	Engenharia de produção
15	Adams	Estados Unidos	2005	Winter Simulation Conference	Engenharia de produção
16	Smeds	Inglaterra	2003	Production Planning & Control: The Management Operations	Engenharia de produção
17	Rosenshin e	Estados Unidos	2002	Winter Simulation Conference	Estatística
18	Varga	Alemanha	1999	IEEE Transactions on Education	Informática
19	Taylor	Inglaterra	1996	Winter Simulation Conference	Simulação
20	Merten	Estados Unidos	1993	Winter Simul. Confer.	Militar