

Proposta de uso de um *software* de simulação e da metodologia de aprendizagem baseada em problemas nas disciplinas de sistemas produtivos em um curso de Engenharia de Produção

Guilherme Dias Wasquevite^[1], Camila Geisler Bispar^[2], Carla Beatriz da Luz Peralta^[3], Renata Toledo de Oliveira^[4], Fernanda Gobbi de Boer Garbin^[5], Flaviana Gonçalves Acosta^[6], Leilane Castro Guedes^[7], Vinícius Pereira Turchetti^[8]

[1] guilhermewasquevite@hotmail.com. [2] camila-geisler@hotmail.com. [3] carlablp@gmail.com. [5] fernanda_boer@hotmail.com. [6] flavi_acosta@hotmail.com. [7] laneeguedes@gmail.com. [8] viniciusturchetti@gmail.com. Universidade Federal do Pampa-RS.

RESUMO

O objetivo deste artigo é propor o uso de uma ferramenta de simulação computacional nas disciplinas de Sistemas Produtivos I e II, no curso de Engenharia de Produção, relacionando os módulos disponíveis do *software* com conteúdos abordados nas disciplinas, além de estruturar uma abordagem a ser utilizada em sala de aula. Para tal, utilizou-se de levantamento bibliográfico, análise do conteúdo da disciplina e do que é realizado em outras universidades, além de fluxograma para a construção do problema proposto. Pretende-se com a aplicação do problema para ensino a visualização prática de conteúdos antes estudados apenas na teoria. Conclui-se, assim, que o uso de *softwares* de simulação, aliado a metodologias de aprendizagem ativa, geram impacto positivo no processo de ensino-aprendizagem.

Palavras-chave: *Software* de simulação. Aprendizagem ativa. Sistemas produtivos. Simulação em manufatura. Simulação de processos produtivos.

ABSTRACT

The purpose of this article is to propose the use of a computational simulation tool in the disciplines of Productive Systems I and II, in the course of Production Engineering, relating the available software modules with contents covered in the disciplines, as well as to structure an approach to be used in the classroom. For that, a bibliographical survey was used, an analysis of the content of the discipline and of what is done in other universities, as well as a flowchart for the construction of the proposed problem. It is intended with the application of the problem to teaching the practical visualization of contents previously studied only in theory. It is concluded, therefore, that the use of simulation software, together with active learning methodologies, have a positive impact on the teaching-learning process.

Keywords: *Simulation software. Active learning. Production systems. Manufacturing simulation. Productive process simulation.*

1 Introdução

Nas últimas décadas, observa-se que a sociedade vive momentos de grandes transformações com impacto expressivo na forma como ocorrem o ensino e a aprendizagem. Stewart (1998) relata que a sociedade industrial se transformou em uma sociedade da informação, onde a fonte fundamental de riqueza é o conhecimento. Observa-se também, com o passar dos anos, a evolução tecnológica e o aumento da disponibilidade de informações pela internet, situação em que dar sentido a essas informações é o tipo de construção do conhecimento que todos os estudantes devem dominar (BENDER, 2014).

Além das transformações sociais e tecnológicas, o processo de ensino e aprendizagem também sofre influências e pressões do mercado de trabalho, que demanda profissionais críticos e criativos, os quais possuam conhecimento técnico e saibam aplicá-lo na resolução de problemas.

Diante do contexto apresentado, a introdução de modelos de ensino e aprendizagem flexíveis, adaptáveis ao perfil e estilo de aprendizagem dos estudantes, vem contribuindo para uma aprendizagem significativa. Nesse sentido, o objetivo é prover argumentos que evidenciem ao estudante o papel importante do domínio do conteúdo (conhecimento) e o saber fazer na sua formação.

Dessa forma, a utilização de ideias inovadoras que possam se transformar em modelos pedagógicos é hoje um desafio para as Instituições de Ensino Superior. Akili (2011) observa que, nas duas últimas décadas, há um movimento de reformulação do ensino de Engenharia em todo o mundo, motivado pela necessidade de engajar os estudantes no processo de aprendizagem. Esse movimento busca a aprendizagem ativa, definida como qualquer metodologia que engaje os estudantes no processo de aprendizado, incluindo atividades de leitura, escrita, solução de problemas, resolução de questões, promoção de discussões, entre outras.

Conforme avalia Carmo *et al.* (2012), a interação do aluno com o objeto de estudo é um tema importante de discussão relacionado ao ensino na Engenharia. Se no passado esperava-se que os alunos apresentassem uma postura passiva no processo de ensino e aprendizagem, atualmente observa-se a necessidade do aluno se apropriar do conhecimento apresentado pelo professor. Para atingir esse objetivo, o uso de ferramentas tecnológicas se apresentam como forma de fomentar uma postura mais ativa do aluno.

Como objetivo geral desse estudo, tem-se a proposta de uso de uma ferramenta de simulação computacional nas disciplinas de Sistemas Produtivos I e II de um curso de Engenharia de Produção. A ferramenta analisada é denominada FlexSim, um *software* completo, com recursos visuais, voltado, principalmente, para a simulação de chão de fábrica e sistemas de produção. Os objetivos específicos são: (i) relacionar os módulos do sistema Flexsim e os conteúdos abordados nas disciplinas; (ii) estruturar uma abordagem de uso da ferramenta em sala de aula e um problema a ser solucionados pelos estudantes.

2 Referencial teórico

Nesta seção são apresentados referenciais teóricos sobre Aprendizagem Baseada em Problemas e *softwares* de simulação para o ensino.

2.1 Aprendizagem baseada em problemas - ABP

De acordo com Prince (2004), a aprendizagem ativa é estabelecida como o método que envolve os estudantes no processo de ensino-aprendizagem, fazendo com que esses participem de atividades que os levam à construção do conhecimento. Essa difere da metodologia de ensino tradicional e conservadora, uma vez que essa última é baseada unicamente na exposição de disciplinas, teorias e matérias, focando em transmissão de conhecimento e não na sua construção (STIG; FINN, 2009).

Segundo Ribeiro (2008), a Aprendizagem Baseada em Problemas (ABP) é um método de ensino-aprendizagem que se configura por utilizar problemas da vida real a fim de despertar maior interesse pelo assunto, ampliar o pensamento crítico e a capacidade de solução de problemas. Aliada a outras metodologias educacionais, a ABP visa solucionar impasses existentes na educação profissional, como o grande volume de conhecimento que deve ser ensinado aos alunos em um curto período de tempo e o quanto estes se tornam obsoletos rapidamente. Além disso, é útil no aspecto em que integra a teoria e a prática, proporcionando o aprimoramento de habilidades e atitudes profissionais.

Segundo Gil (2010), a sua fundamentação teórica pode ser encontrada nas teorias pedagógicas de diversos autores, que destacam a atuação do aluno na composição do conhecimento e a alteração do papel do professor para facilitador do conhecimento.

Bruner (1976) esclarece que o aluno participa ativamente do processo de aprendizagem, uma vez que o conhecimento que esse recebe é processado até a construção e descoberta de deduções próprias. Assim, o professor atua oferecendo a base e os recursos necessários para que a solução do problema seja encontrada.

Gil (2010) explana vantagens e limitações do uso da Aprendizagem Baseada em Problemas, com algumas ilustradas nos Quadros 1 e 2.

Quadro 1 – Vantagens do uso de ABP.

Vantagens	Descrição
Compreensão dos assuntos	Maior significado e relevância da teoria estudada
Retenção dos conhecimentos	Memorização ocorre mais facilmente
Transferência do conhecimento	Conhecimentos são melhor aproveitados na esfera profissional
Responsabilidade pela própria aprendizagem	Alunos procuram recursos para solucionar o problema, aprimorando suas competências
Desenvolvimento de habilidades	A integração dos alunos em grupos favorece o desenvolvimento de habilidades interpessoais e do espírito de equipe

Fonte: adaptado de Gil (2010).

Quadro 2 - Limitações do uso de ABP.

Limitações	Descrição
Complexidade de avaliação	Processos de avaliação diferenciados e mais trabalhosos
Redução do tempo no ensino de fundamentos	Insuficiente para englobar todos os conhecimentos fundamentais de cada disciplina
Formulação de problemas apropriados	Altamente afetados pela ciência e economia atuais, devem englobar todos os objetivos da disciplina
Necessidade de mais recursos	Recursos humanos e materiais necessitam ser mais abundantes e maior tempo de disponibilidade
Desempenho de novos papéis	Estudantes devem se tornar mais críticos e pesquisadores, professores devem atuar como facilitadores

Fonte: adaptado de Gil (2010).

Nas áreas de ensino em ciência e engenharia, os resultados de pesquisa em desenvolvimento e exploração de ferramentas demonstram que a aprendizagem ativa e a simulação de problemas reais levam à melhora das repercussões do aprendizado. (AKKOYUN; CAREDDU, 2015; OKUTSU *et al.*, 2013). No curso de Engenharia de Produção, o uso das técnicas de aprendizagem ativa possibilita examinar prováveis cenários, interagir com processos e sistemas e ainda tomar decisões que serão enfrentadas no âmbito profissional pelo então estudante, preparando-o melhor para isto. No Centro Universitário Salesiano de São Paulo (UNISAL), a aplicação da Aprendizagem Baseada em Problemas com os alunos de Engenharia de Produção evidencia o melhor entendimento da prática, melhoria no desempenho em resolver problemas, aprimoramento das habilidades de trabalho em equipe e realização de apresentações, principalmente quando há domínio das técnicas e motivação por parte do docente (RIBEIRO; GONÇALVES; VERALDO, 2010).

2.2 Softwares de Simulação para o Ensino

As atividades de modelagem e de simulação estão entre as formas mais criativas, benéficas e que geram interação em aplicações na educação. A razão principal é que a construção e a simulação de modelos têm muito a ver com o modo como o próprio conhecimento científico é testado e desenvolvido, por meio do ciclo: hipóteses, observação e planejamento; experimentação; formação ou comprovações de leis e teorias (ADÃO; BERNARDINO, 2003). Além disso, os sistemas computacionais fornecem meios de cálculo e de representação que tornam possível o uso didático da simulação, sem necessidade de habilidades especiais em programação matemática. O computador agrega um elemento de realismo, que motiva de forma dinâmica o aluno, principalmente quando consegue desenvolver as simulações (SOUZA; DANDOLINI, 2010).

Pode se dizer que o estudo da simulação é uma área do conhecimento ainda em fase embrionária, onde somente a partir de meados da década de 1990, com o advento do uso maciço dos microcomputadores, é que passou a ser estudada com maior consistência e a obter resultados significativos na solução de problemas de gestão (LAW; KELTON, 2000). Paralelamente à evolução dos *hardwares*, também se melhoraram os *softwares* específicos de simulação. A partir da década de 2000, surgiram diversos trabalhos

de pesquisa, explorando os conceitos de modelagem, simulação e otimização para solução de problemas de gestão e planejamento.

Observa-se, portanto, que a evolução das tecnologias computacionais vem se tornando uma importante aliada para o desenvolvimento de novos projetos. Acompanhada por essas evoluções, a simulação surge como uma principal ferramenta na fase de concepção de um sistema. A Engenharia de Produção, responsável muitas vezes pelo desenvolvimento de novas linhas produtivas, pode aproveitar as vantagens da simulação computacional, respondendo questões como: “qual operador ficará sobrecarregado?”, “qual a jornada de trabalho da linha?”, “qual o custo dessa nova linha”, entre outras (MENDONÇA; CASTRO; LOPES, 2015).

Alguns *softwares* no mercado possibilitam uma visualização gráfica de sistemas produtivos, facilitando análises mais precisas do projeto. Dependendo do ambiente em que o termo simulação é empregado, suas técnicas e métodos são diferentes. Na Engenharia, ele tem sido usado em situações nas quais se tenta compreender as características de um sistema pelo conhecimento de outro que seja similar (PRADO, 2006).

Um dos principais *softwares* de simulação para Engenharia de Produção atualmente no mercado é o Flexsim. O *software* de simulação FlexSim pode fornecer um valor agregado adicional para os estudantes e que terão a oportunidade de aprender técnicas de simulação usando um *software* padrão da indústria. Além de visualizar na prática, esse permite também trabalhar com modelos que proporcionam exercitar o acadêmico por meio de ferramentas e coloca o aluno em contato direto com a prática de forma prática.

Segundo Machado (FLEXSIM BRASIL, 2013), a utilização do FlexSim em sala de aula permite que as universidades possam modernizar o tipo de *software* utilizado no aprendizado, pesquisas e projetos em simulação de eventos discretos e objetos contínuos, podendo desenvolver elevados níveis de customização em suas simulações.

3 Metodologia

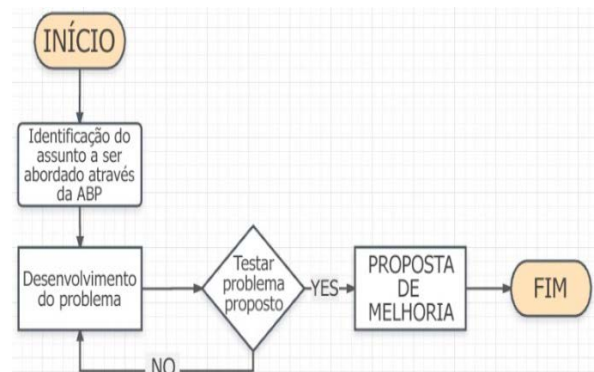
Como metodologias, foram adotadas o levantamento bibliográfico, a análise de conteúdo, a pesquisa de estudos de caso em outras universidades (*benchmarking*), o planejamento participativo e o uso de ferramentas de apoio. Logo, o estudo classifica-se como pesquisa exploratória que, conforme Gil (2002),

proporciona maior familiaridade com o problema a fim de torná-lo mais explícito.

Foi desenvolvido um fluxograma do processo para o desenvolvimento da abordagem de uso da ABP e do *software* de simulação nas disciplinas Sistemas Produtivos I e II, que é apresentado na Figura 1. Como contexto, foi utilizada uma fábrica hipotética de pneus.

O fluxograma apresentado começa com a identificação do tema a ser estudado no *software* FlexSim, que é o arranjo físico e fluxo e teoria das restrições. A identificação do conteúdo para a proposta do problema deu-se por meio da pesquisa na ementa das disciplinas de Sistemas Produtivos I e II do curso de Engenharia de Produção e das funcionalidades do *software*. O desenvolvimento e a fase de testes do problema proposto ocorrem por meio do *software* FlexSim, onde foi realizado todo o processo da simulação da produção de pneus da fábrica. A proposta de melhoria é realizada após a análise dos resultados encontrados no *software*.

Figura 1 – Fluxograma do método de trabalho utilizado pelos autores.



4 Estudo de caso

Pela análise das funcionalidades presentes no *software* FlexSim e das ementas das disciplinas de Sistemas Produtivos I e II, foram elaboradas os Quadros 3 e 4, onde são ilustrados os conteúdos que podem ser aplicados no FlexSim com o uso da metodologia ABP, considerando a versão completa do *software*.

Quadro 3 – Análise da ementa de Sistemas Produtivos I com a possível aplicação no FlexSim.

Ementa de Sistemas Produtivos I	Possível aplicação no FlexSim
Estratégia da produção	Testes com os tipos de estratégias de produção, como a comparação entre produção em massa e produção em lotes.
Arranjo físico e fluxo	Simulações de diversos arranjos físicos.
Teoria das restrições	Visualização de gargalos e realização de testes de alternativas para a exploração do mesmo

Quadro 4 – Análise da ementa de Sistemas Produtivos II com a possível aplicação no FlexSim.

Ementa de Sistemas Produtivos II	Possível aplicação no FlexSim
Histórico, objetivo, perdas e MFP	Visualização de perdas e simulação de soluções
Troca rápida de ferramentas	Otimização dos procedimentos de setup
Controle da qualidade zero defeito e poka-yoke	Simulação dos efeitos do uso de poka-yoke
Gerenciamento visual	Visualização de indicadores na simulação de um fluxo completo.
Manutenção produtiva total	Visualização das paradas de equipamentos e visualização de indicadores, como eficiência global e equipamento.

Passa-se então para a proposta de um problema a ser aplicado com alunos das disciplinas, por meio da versão livre do *software* Flexsim. Uma fábrica de pneus automotivos foi simulada, com o intuito de demonstrar seus processos de fabricação de forma simplificada, com o intuito de instigar os alunos a encontrarem pontos positivos e negativos quanto à produção. A indústria trabalha com um sistema de produção em massa, no qual, entre seus objetivos, está a redução de custos de processos e, aumento da produção.

Essa fábrica de pneus tem *inputs* (entradas) de insumos constantes, provindas de seu fornecedor, sendo abastecida com seis cilindros de borracha e seis chapas por minuto, sendo esses os materiais necessários para produção do produto final. Os insumos ocupam lugar primeiramente no estoque de

matéria-prima, onde encontram-se disponíveis para serem transportados até o processador, serviço de transporte realizado por meio de operadores, responsáveis apenas por essas tarefas. Os processadores, tanto de borracha, quanto de chapa, trabalham com até três peças de forma consecutiva, levando ambos o tempo de 20 segundos para cada unidade, até que sejam transportadas, por meio de outros operadores, para o segundo estoque, com o produto semi processado.

Após as duas matérias essenciais para a produção serem processadas e estocadas, essas são encaminhadas para um combinador, no qual tem a função de processar tanto a borracha quanto a chapa em uma forma conjunta, transformando-as no produto final. Para que ocorra esse processo de transformação, o combinador leva um tempo de cinco segundos, até que a máquina transportadora transporte o pneu finalizado, para o estoque e em seguida para o cliente final. O cliente gera uma demanda que oscila em relação ao tempo, com um acúmulo frequente de estoque de pneus na fábrica.

Esse modelo foi criado para que os estudantes identifiquem, ao observar e analisar o funcionamento dinâmico da fábrica, os pontos positivos e negativos da utilização do sistema produtivo em massa, ilustrado na Figura 2. Eles são desafiados a responder a seguinte questão: como melhorar a eficiência do sistema produtivo em estudo utilizando conceitos de arranjo físico e fluxos e teoria das restrições, e como ferramenta o FlexSim.

Pretende-se, dessa forma, fazê-los compreender de forma mais clara as causas e os efeitos do acúmulo de estoques no chão de fábrica, assim como a formação de gargalos na produção. Espera-se que desenvolvam um sistema produtivo com melhor utilização de recursos, como mão de obra, redução de estoques e gargalos, aumentando a sua eficiência e reduzindo os custos atrelados aos problemas apresentados. Uma proposta de solução para o problema apresentado, utilizando o FlexSim, é ilustrada na Figura 3. Além disso, espera-se que os alunos desenvolvam as competências e habilidades necessárias para o uso do *software* de simulação.

Figura 2 – Produção em massa com acúmulo de estoques, utilizando o FlexSim.

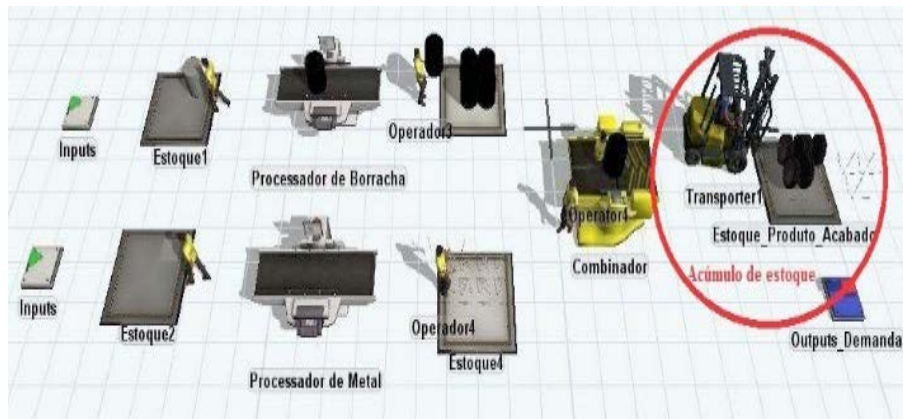
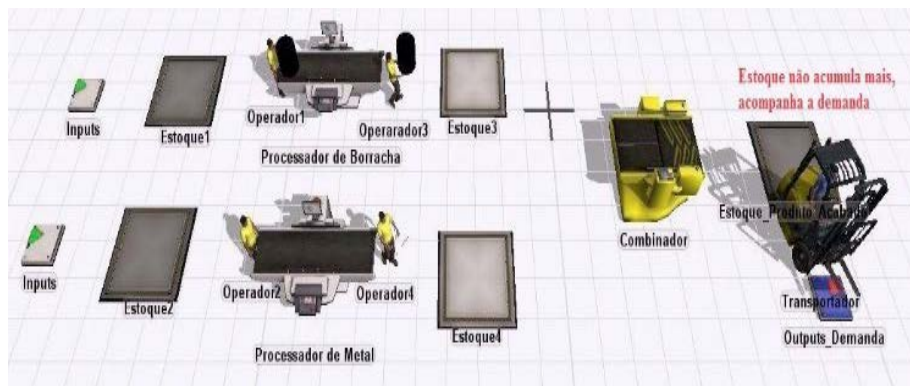


Figura 3 – Produção enxuta sem acúmulo de estoques, utilizando o FlexSim.



5 Conclusão

Por meio da realização do estudo de caso, verifica-se que os objetivos específicos e o objetivo geral desse estudo foram alcançados, uma vez que foi desenvolvida uma proposta de utilização de uma ferramenta de simulação para aprendizagem baseada em problemas nas disciplinas de Sistemas Produtos. Por meio da revisão bibliográfica realizada conclui-se que a simulação computacional aliada a ABP podem criar um grande impacto no processo de ensino-aprendizagem, de maneira que, na utilização de exemplos de simulação, os alunos possam ter uma visão prática dos conteúdos abordados, tornando-os de mais fácil compreensão e aplicação posterior.

Ainda, observa-se que a elaboração dessa proposta, com a utilização da ABP e da simulação computacional, foi conduzida por estudantes do curso de Engenharia de Produção, o que possibilita o aprimoramento da sua compreensão por meio do ensino aos seus pares. Com a futura aplicação da

proposta apresentada nesse artigo em sala de aula, espera-se que os alunos tornem-se mais motivados e engajados no processo de ensino e aprendizagem. Para avaliar esse resultado e o impacto no desempenho acadêmico, propõe-se como estudo posterior à aplicação, a avaliação, por meio de um questionário, dos conhecimentos adquiridos pelos alunos e seus níveis de satisfação quanto à metodologia ABP.

REFERÊNCIAS

ADÃO, C.; BERNARDINO, J. Blended-learning no ensino de engenharia: um caso prático. In: 5º Simpósio Internacional em Informática Educativa (5º SIIIE), **Anais...**, Braga (Portugal), 2003.

AKILI, W. On implementation of problem based learning in Engineering Education: thoughts, strategies and working models. In: 41º ASEE/IEEE FRONTIERS IN EDUCATION CONFERENCE, **Proceedings...**, Rapid City (United States), 2011.

AKKOYUN, O.; CAREDDU, N. Mine simulation for educational purposes: a case study.

Computer Applications in Engineering Education, v. 23, n. 3, p. 286-293, 2015.

BENDER, W. N. **Aprendizagem baseada em projetos: educação diferenciada para o século XXI**. Porto Alegre: Penso, 2014.

BRUNER, J. S. **Uma Nova Teoria da Aprendizagem**. Rio de Janeiro: Bloch, 1976.

CARMO, B. B. T. *et al.* Utilização do blog como ferramenta para incentivar a aprendizagem colaborativa na disciplina de arranjos produtivos organizacionais. **Revista de Ensino de Engenharia**, v. 31, n. 1, p. 40-52, 2012.

FLEXSIM BRASIL. Flexsim é utilizado no curso de Engenharia de Produção da UFSCAR. 2013. Disponível em: <goo.gl/ek5o6p>. Acesso em: mar.2018.

GIL, A. C. **Didática do Ensino Superior**. São Paulo: Atlas, 2010.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. São Paulo: Atlas, 2002.

LAW A. M.; KELTON W. D. **Simulation modeling and analysis**. 3. ed. New York (United States): McGraw-Hill, 2000.

MENDONÇA, F. C.; CASTRO, P.; LOPES, V. H. A **utilização de um simulador como ferramenta didática em um curso de Engenharia de Produção em uma Universidade no interior de São Paulo**. In: V CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO (CONBREPRO), Ponta Grossa (Brasil), 2015.

OKUTSU, M. *et al.* Teaching an aerospace engineering design course via virtual worlds: a comparative assessment of learning outcomes. **Computers and Education**, v. 60, n. 1, p. 288-298, 2013.

PRADO, D. **Teoria das filas e da simulação**. 3. ed. Nova Lima (Brasil): INDG, 2006.

PRINCE, M. **Does Active Learning Work? A Review of the Research**. *Journal of Engineering Education*, v.93, n.3, p. 1-9, 2004.

RIBEIRO, L. R. C. **Aprendizagem Baseada em Problemas – PBL: Uma experiência no ensino superior**. São Carlos (Brasil): EdUFSCar, 2008.

RIBEIRO, N. S, GONÇALVES, L. N, VERALDO, L. G. **O desenvolvimento prático do aluno de Engenharia de Produção: aplicação de metodologia ativa no ciclo básico**. In: XXXVI ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, São Carlos (Brasil), 2010.

SOUZA, J. A; DANDOLINI, G. A. **Utilizando simulação computacional como estratégia de ensino: estudo de caso**. In: CARVALHO, C. V.; SILVEIRA, R. A.; RODRIGUEZ, M. C. (Org.). **TICAI2009: TICs para a aprendizagem da engenharia**. IEEE, Sociedade de Educação: Capítulos Espanhol e Português, 2010. cap. 10. Disponível em: <goo.gl/nN6wJC>. Acesso em: mar. 2018.

STEWART, T. A. **Capital intelectual: a nova vantagem competitiva das empresas**. 2. ed. Rio de Janeiro: Campus, 1998.

STIG, E.; FINN, K. A ABP na teoria e na prática: a experiência de Aalborg na inovação do projeto no ensino universitário. In: Araújo, U. F. (Org.). **Aprendizagem baseada em problemas no ensino Superior**. São Paulo: Summus Editorial, 2009.