O uso de jogos em ensino, treinamento e simulação na engenharia:

Um panorama

Victor Martinelli Chunques
Centro de Ciências e Tecnologia - CCT
Universidade Presbiteriana Mackenzie
Campinas, Brasil
vi.chunques@hotmail.com

Massaki de Oliveira Igarashi
Centro de Ciências e Tecnologia - CCT
Universidade Presbiteriana Mackenzie
Campinas, Brasil
massaki.igarashi@mackenzie.br

***Resumo*— O uso da gamificação para apoiar o ensino, o treinamento e a simulação não é uma abordagem nova; seu uso está crescendo e atualmente as tecnologias estão se tornando mais atraentes para as pessoas; além do mais, já existem várias novas oportunidades de implementação. O advento da aprendizagem ativa tem evidenciado a gamificação no cenário educacional e tem chamado a atenção para os benefícios aos alunos, aos educadores e às empresas, inclusive treinamento de funcionários. Este artigo propõe uma pesquisa sobre os jogos recentes que trazem benefícios para os alunos, que possuem potencial educacional e também de treinamento. Os jogos Big Pharma, Production Line e Flexsim, jogos pesquisados neste trabalho, têm benefícios como o ensino e treinamento de conceitos de gerenciamento e de tomada de decisão, que podem ser avaliados pelos professores e demais profisisonais envolvidos. Exemplifica-se que os benefícios trazidos por esses jogos têm especial importância para os cursos de engenharia, especialmente para engenharia de produção.**

Palavras-Chaves: gamificação; aprendizado; treinamento; simulação; aprendizagem ativa

I. INTRODUÇÃO

Influenciadas pela globalização, as organizações estão se tornando altamente tecnológicas, inovadoras e o foco está na otimização da produção e serviços. Portanto, existe um novo paradigma, especificamente para a engenharia, acerca da velocidade com o qual o cenário muda constantemente e o quão velozes as universidades são para serem capazes de transmitir estes mais recentes conhecimentos. De acordo com [1] a busca por uma metodologia adequada para o aprendizado de estudantes e futuros engenheiros se depara com a necessidade de um indivíduo que além de dominar os conhecimentos científicos e tecnológicos também deve apresentar habilidades, competências diversificadas e um perfil colaborativo.

Nos últimos anos o uso de metodologias ativas tem se tornado comum nos centros acadêmicos pelos benefícios que apresentam. Para [2] é possível entender as metodologias ativas como formas de desenvolver o processo do aprendizado que os professores utilizam para conduzir a formação crítica de futuros profissionais nas mais diversas áreas. A utilização dessas metodologias pode favorecer a autonomia do educando, despertando a curiosidade e estimulando tomadas de decisões individuais e/ou coletivas, advindas das atividades essenciais da prática social e dos contextos dos estudantes.

Como exemplo de metodologia ativa, este artigo apresenta um breve panorama da utilização de jogos no ensino, no treinamento e na simulação, tanto em ambientes acadêmicos como organizacionais de empresas e indústrias. Para isto parte-se da premissa de que os processos de ensino-aprendizagem precisam proporcionar aos estudantes conhecimentos, habilidades, valores, técnicas e aperfeiçoamentos que são desenvolvidos ao longo da vida a partir da convivência com outras pessoas e ambientes.

Segundo [3], os mundos virtuais possuem um histórico de utilização envolvendo áreas como jogos e simulações. No ensino das engenharias, mais precisamente na engenharia de produção, não poderia ser diferente; ambientes que simulam situações reais do cotidiano e exigem de seus participantes um pensamento lógico para resolver os problemas propostos, desenvolvem nos mesmos vivências e conhecimentos nos quais o ensino tradicional não poderia alcançar em tão pouco tempo e com tamanha facilidade.

Hoje sabe-se que a gamificação extrapola o ambiente de pesquisas acadêmicas; portanto, pesquisadores e empresas têm vislumbrado, inclusive, outras possibilidades para os jogos, tais como: utilização de jogos como uma atratividade para novos clientes, inovar nos seus negócios, realizar treinamentos internos e externos e até mesmo divulgar novos produtos. Neste sentido, a construção de ambientes de aprendizagem e a visão sistêmica possibilita uma melhor visualização dos resultados num processo de tomada de decisão e um ambiente muito mais seguro, sem necessidade de exposição do indivíduo a ambientes reais que poderiam apresentar até mesmo uma certa periculosidade.

Não menos obstante, softwares e simuladores como Production Line e FlexSim cumprem muito bem a proposta de simular a realidade das organizações e seus sistemas produtivos. Eles extrapolaram também o ambiente de ensino acadêmico e são utilizados por empresas e indústrias, pois garantem uma maior absorção dos conteúdos, mais a capacidade de imersão numa situação real que certamente será presenciada posteriormente na vida profissional. O primeiro

software de simulação é basicamente a porta de entrada para estudos de simulação, já que tem versões e preços mais acessíveis aos usuários, além de ter um foco mais adminstrativo. Ambos simulam o dia a dia de uma linha produtiva e os possíveis problemas diários que podem ser resolvidos. Já no Flexsim o jogador tem um foco mais produtivo, pois ele aborda todas as complexidades de uma linha produtiva, entretanto, a complexidade de como melhorar o sistema produtivo é muito maior no Flexsim, enquanto que Production Line o foco é melhorar a administração.

O jogos de empresa são exemplos de micromundos e neles as questões e as dinâmicas de complexas situações de negócios podem ser exploradas, ao se experimentarem novas estratégias e políticas para verificar o que poderia acontecer. Os jogos de empresas possibilitam ao jogador a oportunidade de exercitar suas percepções, suas atitudes e suas ações; bem como suas habilidades e competências [4]. Nesse sentido, os jogos de empresas oferecem crescimento pessoal pelos novos conhecimentos adquiridos e também crescimento profissional.

II. Resultados e Discussão

A. Aplicaçõesem ensino

No contexto de ensino, o Scratch é um dos mais difundidos ambientes gráficos de programação intuitiva; foi concebido e desenvolvido pelo Lifelong Kindergarten Group, do *Massachusetts Institute of Technology - MIT*.

A Plataforma permite o desenvolvimento de jogos através de recursos multimídia, de forma intuitiva e lógica como em um quebra-cabeças. Ela também permite introduzir o pensamento criativo, o raciocínio sistemático, lógico e o trabalho colaborativo levando o aluno a um aprendizado com experimentação, aplicação e correção [5]. Embora tenha sido criado para estimular o aprendizado de computação para alunos do ensino fundamental e ensino médio, o uso desta ferramenta é muito difundido no ensino superior [6].

Ainda no contexto de ensino e dentro do panorama pesquisado por este artigo, o jogo Big Pharma (Fig.1) (desenvolvido pela Twice Circled e distribuído pela Positech Games, a partir do ano de 2015) tem como premissa que o jogador é um industrial do ramo farmacêutico e o mesmo deve montar a sua indústria de produção de medicamentos para diferentes sintomas. Para isso, o jogador deve importar matérias primas, processar essas matérias e vendê-las em formato de pílula, de creme, de seringa ou de sache em um sistema (ou seja, entrada→processamento→saída).

O jogo, em sua essência, é uma ferramenta muito interessante para ser utilizada num curso de engenharia de produção, pois ao mesmo tempo que sua jogabilidade é simples e sua curva de aprendizado suave, a jogatina acaba sendo um desafio para o jogador a medida que ele precisa adicionar complexidade ao seu processo produtivo para assim se destacar frente a concorrência.

No jogo, a mesma matéria prima pode ser utilizada para produzir diferentes medicamentos. Para o jogador saber, com clareza, qual produto ele quer produzir, o jogo utiliza-se de um sistema de concentrações. Esta concentração de um ingrediente pode variar de 1 a 20 (adimensional) e dependendo da concentração, a matéria prima pode ser transformada em um medicamento para dor de cabeça, um medicamento para controle de febre, etc.

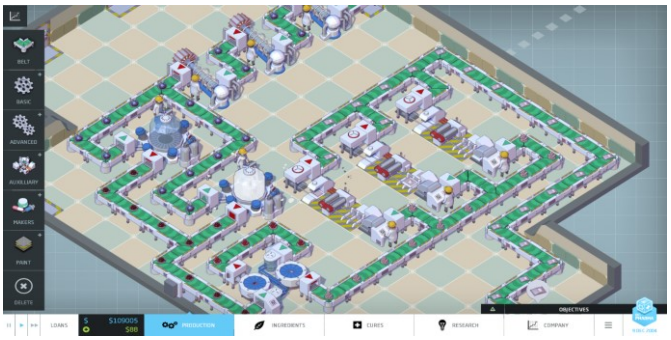

Fig. 1. Um exemplo de tela do jogo Big Pharma.

A dinâmica de desenvolvimento do jogo é muito interessante, pois força o jogador a desenvolver o seu layout produtivo. O layout é a técnica de administração de operações cujo objetivo é criar a interface homem-máquina para aumentar a eficiência do sistema de produção [7].

Para realizar o aumento de complexidade em uma categoria de medicamento, em específico, o jogo necessita de duas condições: estar em uma variação de concentração e passar por um equipamento dedicado. A dificuldade de gerir o sistema produtivo aumenta, portanto, à medida que o jogador aumenta o nível de complexidade de seus medicamentos. O jogo reserva em uma das suas opções uma tabela com todos os possíveis medicamentos possíveis de produzir; além de seus pré-requisitos.

Outro desafio encontrado pelo jogador é a necessidade de constante atenção que o mesmo deve ter com o seu fluxo de caixa. No início de cada partida, o jogador sempre inicia com um capital inicial pequeno e alguns poucos equipamentos; para evoluir é preciso tomar as decisões certas.

Um fluxo bem estudado permite uma rápida fluência do produto pelo sistema produtivo. Assim, consequentemente, menos tempo é perdido em cada recurso e ocorre a rápida transformação da matéria-prima em um produto final, reduzindo o *lead time* da produção [8].

A tomada de decisão é um fator muito relevante no aprendizado do jogador. A todo momento ele deve tomar decisões sobre o que priorizar; podendo acarretar em benefícios ou malefícios.

Trazendo estas decisões para o mundo real e fazendo as devidas alterações, pode-se notar que o dia a dia de um gestor na indústria não foge muito da situação vivenciada no jogo; embora no dia a dia as decisões sejam muito mais complexas e com consequências, algumas vezes, irreversíveis. Portanto, o jogo pode ser uma simulação do futuro ambiente profissional.

Além disso, o jogador também é forçado a aprender a lei da demanda dos produtos e a constantemente analisar os gráficos dos históricos dos preços das matérias primas a fim de tentar gerar predições. O jogador também aprende a balancear entre qual o valor do produto que ele gostaria que fosse cobrado e qual

o real preço que os consumidores estão dispostos a pagar; caso estas duas relações não estejam equilibradas o jogador pode perder a oportunidade de ganhar mais dinheiro em suas vendas ou os consumidores podem deixar de comprar seus produtos e a concorrência ganha uma fatia expressiva de mercado.

B. Aplicações em Treinamento

Desenvolvido e distribuído pela mesma empresa do Big Pharma, a Positech Games, o jogo Production Line é uma evolução, em diversos aspectos, deste jogo de construção da indústria farmacêutica. Neste sentido, ele coloca o jogador na posição de um presidente de uma companhia do setor automotivo e o mesmo deve projetar a sua fábrica e lucrar com a venda advinda da produção de seus carros. No momento, o software ainda está em período de desenvolvimento denominado de open alpha, ou seja, os jogadores podem jogar o Production Line, entretanto, este está sob constantes mudanças por parte de seus criadores pois não está finalizado, portanto, dependendo do estágio de sua evolução, funcionalidades podem ser adicionadas ou removidas. Foi utilizada a versão 1.58 do software, a qual foi distribuída aos jogadores no dia 29 de Agosto de 2018.

Neste jogo, o jogador deve assumir a produção de uma linha de montagem de carros e cada processo de montagem do carro é feito por uma máquina diferente, sendo assim, há no total 42 tipos de máquinas diferentes que o jogador deve utilizar para produzir seus carros, cada máquina utiliza algum tipo específico de matéria prima, totalizando assim 150 tipos diferentes. Além de produzir os carros, o jogador tem por opção produzir a maior parte de sua matéria prima localmente ao invés de importá-las, estas podem ser exemplificadas como portas, tetos, eixos, faróis, buzinas, componentes eletrônicos, etc.

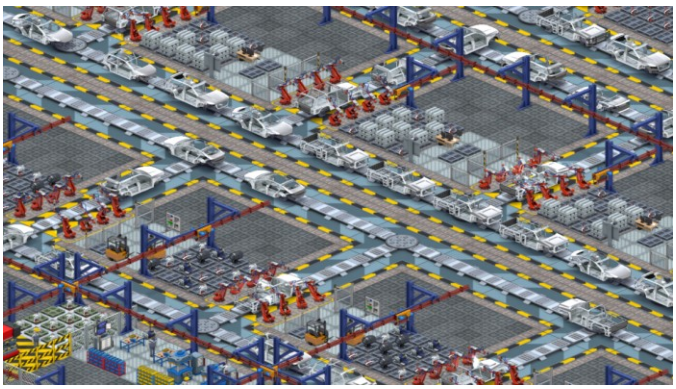

Fig. 2. Um exemplo de tela do jogo Production Line

Comparando com o Big Pharma, o Production Line possui as mesmas aplicações, mas um nível de complexidade maior. Na construção da planta fabril de montagem de veículos, o estudo dos layouts produtivos é de extrema importância visto que, a quantidade de máquinas disponíveis é alta em relação ao espaço disponível e não só em relação as máquinas, o jogador deve desenhar da melhor maneira possível além do layout das máquinas, o layout dos *Resource Conveyors* (transportadores de recursos), os quais possuem por função transportar as matérias primas do ponto de importação até as máquinas e os *Conveyors* (esteiras), os quais fazem o transporte dos carros enquanto são produzidos. Se os transportadores de recurso forem mal posicionados, estes tardarão mais para chegar até as máquinas, portanto, elas ficarão paradas por um número maior de vezes; gerando assim custos e *lead time*. Porém, se as esteiras forem mal posicionadas, os carros demorarão muito para serem transportados por todo os seu ciclo produtivo. Observa-se que a fábrica possui pontos fixos específicos de importação de recursos e de exportação dos carros, portanto, é de extrema importância que estes pontos de importação não fiquem sobrecarregados de requisições de matérias primas e que todo o clico produtivo termine proxímo a um ponto de exportação da fábrica.

Em relação ao gerenciamento financeiro da fábrica, este apresenta uma complexidade próxima a da vida real, mesmo que no jogo os conflitos financeiros sejam mais simples de serem resolvidos. Assim como no Big Pharma, todos os preços das matérias primas oscilam de acordo com o tempo e em um jogo onde há, aproximadamente, a importação de mais de 150 peças diferentes, esta oscilação nos preços precisa de atenção por parte do jogador para possíveis substituições de peças.

Ainda em relação ao setor financeiro na fábrica, este jogo permite vivenciar bastante o conflito entre o preço que o jogador deve cobrar sobre os produtos e/ou serviços produzidos e o preço que os consumidores desejam pagar. Caso o preço fique mais elevado que o de costume, os carros começam a ficar estocados e quanto maior for o lote da produção e quanto mais máquinas e matéria primas envolvidas no processo, maior o prejuizo do jogador devido a essa decisão; já que a única fonte de receita da fábrica é a venda dos carros. No início do jogo, por haver pouco capital inical e poucas tecnologias produtivas disponíveis, esta decisão pode facilmente acarretar na falência da fábrica ou na depêndencia constante de empréstimos no banco. Há também outra possibilidade, se os carros forem subprecificados, o jogador tardará mais para aumentar o seu capital ou, em alguns casos, os seus custos se igualarão ao baixo lucro oriundo da vendas dos carros, o que, por fim, pode gerar um prejuizo constante.

Diferente do Big Pharma, no Production Line o jogador consegue assumir o papel de dois cargos em um sistema produtivo: o de design do sistema e o de administador da produção. Esta dupla jornada ocorre pela complexidade a qual o jogo adquire informações estatísticas objetivas. Há basicamente dado sobre tudo na produção: produtividade, *lead time*, tempo de importação, tempo de produção, porcentagem de recurso ocioso, etc. Para um aluno do curso de engenharia de produção, estes dados além de permitirem a prática e uma boa utilização da teoria de disciplinas como estatística e pesquisa operacional, por exemplo, apresentam de forma objetiva o porquê da baixa produtividade, do alto *lead time*, etc.

Nas salas de aula, o professor pode apresentar a seus alunos, por exemplo, um cenário que permita simular uma baixa produtividade e um alto *lead time* das máquinas e assim, portanto, poderão cobrar que seus alunos refaçam o layout produtivo com o objetivo de melhorar os números recebidos. Pela forma de aquisição dos dados serem confiáveis, de certa forma; claro, considerando-se que é um jogo de empresa de baixa complexidade, os novos dados gerados após as mudanças do layout produtivo podem ser utililizados como fator de avaliação por parte do professor.

Outra possibilidade é em relação a conceitos como estratégias baseadas na análise de mercado. No Production Line, o mercado de veículos esta sob constante mudanças, modelos de veiculos como sedan, esportivo e pickup, entre outros, num momento podem ser muito cotados e noutro terem sua demanda muito baixa. Logo, tanto o jogador como a representação do gestor da fábrica precisam ficar atentos às novas tendências para não acarretar em prejuízo o perda de copetitividade.

Mesmo após todas as questões levantadas, o conhecimento mais importante que um aluno de engenharia de produção pode aprender em um jogo como esse é a sua habilidade de tomada de decisão. A todo momento o jogador deve tomar decisões sobre qual caminho seguir, pois a todo momento diretamente ou indiretamente são propostos desafios ao jogador e, independente da escolha, todos os caminhos levam a pontos positivos e/ou negativos; logo, cabe ao jogador balancear a melhor decisão. Pela facilidade de aquisição de dados estatísticos, o jogador toma a sua decisão assim como um engenheiro gestor tomaria num ambiente profissional.

C. Aplicações em simulações

Geralmente o verbo simular significa imitar ou fingir. No contexto do ensino e aprendizagem, o verbo simular significa imitar através de experimentação com um modelo (ou representação) um sistema real; entretanto, simulação também envolve mais do que imitação ou experimentação. Ela envolve desenvolver atividades como design, contrução, definição dos experimentos a serem conduzios e coleta e análise dos dados, portanto, quando um software simula algo, significa que o seu usuário participa de todas as atividades descritas acima [9].

No mercado há diversas aplicações que podem simular um ambiente produtivo, o que mais se destaca pela facilidade de uso e complexidade de aplicação é o Flexsim. Este, tem por definição ser um pacote de simulação de eventos discretos.

O software é uma poderosa aplicação de simulação que permite aos seus usuários desenvolverem novas aplicações de simulação para interfaces gráficas, bibliotecas de objetos e estruturas de menu para qualquer nicho de mercado [10]. O ambiente de simulação do Flexsim é orientado a modelagem, simulação, visualização e monitoraramento de atividades do processo de fluxo dinâmico. Ainda segundo [11], o Flexsim pode ser utilizado para tecnologias de inteligência artificial e manipulação de dados complexos. Para o autor, os usos mais adequados são para montagem da fabricação de produtos e serviços, armazenamento e entrega, sistema de transporte e outros campos. O Flexsim tem a possibilidade de fornecer dados e testar modelos de operação para realizar experimentos de simulação e otimização do sistema.

As aplicações atuais do Flexsim incluem o Flexsim GP para simulação de uso geral, Flexsim Fabmodeler para fabricação de semicondutores, Flexsim Port para simulação de terminal de contêiner marítimo e Flexsim SANS para simulação de sistemas de armazenamento de rede de acesso compartilhado. Ou seja, há diversas ferramentas e produtos associados ao Flexsim; justamente para tornar o processos de contrução dos modelos produtivos mais simples e intuitivos para os diferentes setores industriais. Todos os modelos Flexsim possuem visualização 2D e 3D, como apresentado anteriormente e seguindo as tendências da atualidade. Eles possuem, inclusive, suporte a visualização de realidade virtual, integrando os seus usuários ainda mais ao modelo desenvolvido.

Este tipo de aplicação garante diversos benefícios não só para os alunos em sua prática de conceitos, mas também para os profissionais que ja atuam, profissionalmente, na área. Para os alunos, percebe-se uma plataforma sólida de extrapolação dos conceitos teóricos, visto que o simulador é complexo e gera também uma báse de dados para uma futura análise de dados e aprendizado de possíveis melhorias. Entretanto, quem mais se benficía deste tipo de aplicação são as empresas e as indústrias, pois seus funcionários adquirem habilidades, competências diversificadas e um perfil colaborativo.

Um dos maiores problemas que os engenheiros de produção enfrentam ao projetar uma planta produtiva é a dúvida em relação ao fato se a teoria irá se consiliar com a prática; ainda que existam diversas teorias e ferramentas que o profissional pode utilizar, um software de simulação como o Flexsim pode confirmar se a planta projetada segue como projetada. Neste caso, a virtualização mostra pontos críticos, pontos de *lead time*, pontos de acumulação de material e pontos ineficientes, com esses dados obtidos antes da aplicação no mundo real, o engenheiro gera ganhos de tempo na resolução de problemas e a economia de capital de investimento [9].

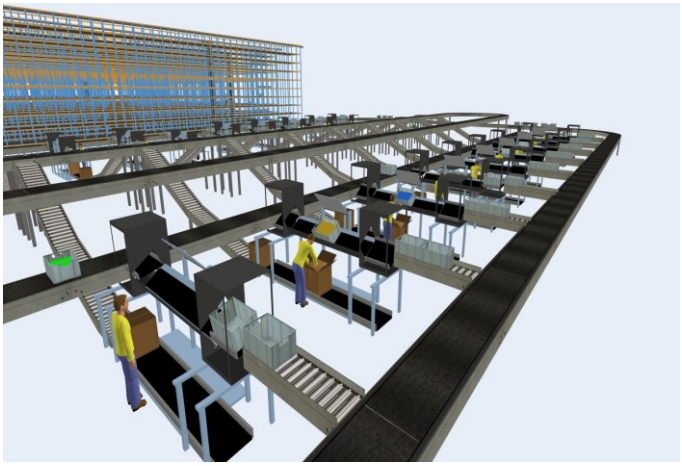

Fig 3. Ambiente flexsim

Sabe-se que o desempenho dos alunos no ensino com novas metodologias de ensino nem sempre é proporcional com o nível de aprendizado, ou seja, alunos com menores desempenhos algumas vezes têm níveis de aprendizado maiores que alunos que obtiveram alto desempenho com as metodologias tradicionais.

Uma curiosidade da pesquisa relatada por [12] foi o fato de que o desempenho acadêmico não foi proporcional ao nível de aprendizado adquirido após os testes com jogos de empresas; mostrando que mesmo aqueles alunos que possuiam desempenho acadêmico inferior assimilavam tanto ou até mais conceitos em comparação aos alunos de alto rendimento acadêmico. Inclusive [1] ressaltou que houve uma queda na porcentagem de reprovações a partir da utilização de jogos para

o auxílio no ensino de linguagem de programação e que o resultado foi ainda mais expressivo com alunos que normalmente apresentam maior dificuldade de aprendizado.

III. METODOLOGIA

Para o desenvolvimento deste trabalho a metodologia utilizada foi a pesquisa bibliográfica usando como base artigos científicos, livros, teses, monografias, além de aplicações que pertinentes ao tema: jogos eletrônicos e simuladores 3D. Foram utilizadas publicações da literatura nacional e internacional encontradas a partir de bases de dados como: Google Scholar, ScienceDirect, Scientific Electronic Library Online (SciELO), Elsevier Journals, ISI Web of Science, Proquest Database, entre outras.

IV. CONCLUSÕES

Este estudo buscou identificar as possibilidades de novas ferramentas de ensino nos cursos de engenharia, sobretudo no curso de engenharia de produção; além de pesquisar utilização em simulação e treinamento profisisonal.

Percebeu-se que a utilização de jogos como suporte educacional pode contribuir para o protagonismo do estudante e acompanhar as necessidades de um mundo globalizado e dinâmico. Não obstante, poder treiná-los para a solução de problemas reais e utilizar o ambiente virtual como forma segura de avaliação de desempenho.

Esta crescente forma de ensino, treinamento e simulação de eventos reais é uma tendência das metodologias ativas. Portanto, quanto melhor forem compreendidas as suas possibilidades e melhor adaptados os novos softwares, mais fidedignos serão estes ambientes virtuais.

Observa-se que como todo processo de ensino-aprendizagem, é importante que haja um tutor/orientador ou professor, já que nem sempre todos os alunos estão aptos a aprender sozinhos através da auto-experimentação do ambiente virtual. Portanto, a presença de um orientador experiente e competente é fundamental para extrair todos os benefícios, inclusive, nos jogos de empresas.

Entre os benefícios analisados destaca-se a prática de metodologias de tomada de decisão e conceitos de gerenciamento. Antes o engenheiro formado muitas vezes só praticava a teoria aprendida no cotidiano de sua atuação profisisonal. Portanto, esta prática, através de jogos, desde o ambiente acadêmico, contribui para um formar um profissional mais dinâmico, flexível e apto para as constantes mudanças.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o fundo MackPesquisa pelo apoio financeiro através da bolsa de pesquisa PIBIC e também o apoio dos gestores e corpo diretivo do Centro de Ciências e Tecnologia – CCT, Campinas.

REFERÊNCIAS

[1] Igarashi, M. O., Ensino ativo e inclusivo na engenharia: um relato de caso. XLVI Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia 2018: p. 11.

[2] Borges, T.S. and G.J.C.e.R. Alencar, Metodologias ativas na promoção da formação crítica do estudante: o uso das metodologias ativas como recurso didático na formação crítica do estudante do ensino superior. 2014. 3(4): p. 119-43.

[3] Kamienski, C.A., S. Fernandes, and C.J.a.s.p.c.c.d.l.d.M.W. Silva, Mundos virtuais: histórico, avaliação e perspectivas. 2008.

[4] Senge, P.M., et al., A quinta disciplina: caderno de campo: estratégias e ferramentas para construir uma organização que aprende. 1995.

[5] Resnick, M., et al., Scratch: programming for all. 2009. 52(11): p. 60-67.

[6] Mélo, F., et al. Do Scratch ao Arduino: Uma proposta para o ensino introdutório de programação para cursos superiores de tecnologia. in Congresso Brasileiro de Informática na Educação, Santa Catarina. 2011. sn.

[7] Jones, G.R. and J.M. George, Fundamentos da Administração Contemporânea 4ed. 2012: AMGH Editora.

[8] Paranhos Filho, M., Gestão da produção industrial. 2016: Editora Ibpex.

[9] Beaverstock, M., et al., Applied simulation: modeling and analysis using FlexSim. 2011: BookBaby.

[10] Nordgren, W.B. Flexible simulation (Flexsim) software: Flexsim simulation environment. in Proceedings of the 35th conference on Winter simulation: driving innovation. 2003. Winter Simulation Conference.

[11] Zhu, X., et al., A flexsim-based optimization for the operation process of cold-chain logistics distribution centre. 2014. 12(2): p. 270-288.

[12] Washbush, J. and J. Gosenpud. Simulation performance and learning revisited. in Developments in Business Simulation and Experiential Learning: Proceedings of the Annual ABSEL conference. 2014.