

Uso de Simulação 3D para Compreensões de Melhorias Operacionais: um Experimento Didático a Partir de Vivências em Aula

Cristiano Henrique Antonelli da Veiga - chadaveiga@ufu.br
Universidade Federal de Uberlândia

Jefferson Oliveira Felício - jefferson_felicio01@hotmail.com
Universidade Federal de Uberlândia

Resumo

A simulação computacional 3D tem uma proposta de ser uma ferramenta que reduz custos com testes de mudanças em organizações, e também, com a possibilidade de visualização do processo se transforma em um possível recurso para a explicação em aulas sobre como funciona uma fábrica real. Este artigo relata um experimento realizado com uma turma de Ciências Contábeis da Universidade Federal de Uberlândia, no qual foi montada uma fábrica de bloco de notas operada vivenciamente pelos estudantes, e a partir da coleta de dados primários originandos da própria atividade didática, foram inseridos no sistema simulado e emitidos relatórios a partir das situações apresentadas na plataforma de simulação 3D. Resultou-se desse estudo, três modelos de simulação, partindo de mudanças sugeridas pelos próprios estudantes a fim de testá-las e demonstrar a efetividade de cada situação para os resultados simulados dos diversos cenários.

Palavras-chave: Simulação; aprendizagem vivencial; ensino de operações

1. Introdução

O uso de tecnologias para a educação é um tema que vem ganhando espaço nos diversos campos. Na área de operações o uso de sistemas baseados em eventos discretos oportuniza a simulação de ambientes fabris de maneira que possam ser analisados diversos cenários e seus resultados sem a necessidade de se fazer as alterações no ambiente físico (ANDRADE; DOMINGOS; VEIGA, 2017). Isto oportuniza uma redução de custos, redução de tempo e um processo de tomada de decisão mais assertivo e dinâmico.

O uso do ensino prático e interativo agrega no ambiente didático, porém, não tem o objetivo de substituir o ensino teórico, e sim, ser uma amplificação do entendimento conceitual a fim de servir como elo entre o âmbito acadêmico e o âmbito profissional, trazendo um ambiente interativo, no qual tanto professores quanto alunos, podem adquirir novos entendimentos oriundos dos experimentos realizados em sala de aula, nos quais devem ser planejados e podem sofrer alterações entre uma aplicação e outra, visto que a interação proporciona o *feedback* dos participantes. (VEIGA; ZANON, 2016)

Para possibilitar esta compreensão, este estudo busca elaborar um ambiente computacional pelo uso de um software de simulação 3D para um contexto didático, com o intuito de se compreender e definir novas práticas operacionais a serem adotadas a partir de dados de uma empresa montada e operacionalizada em sala de aula com participação dos acadêmicos.

Por meio desta didática será possível que os acadêmicos tenham melhor entendimento dos conceitos de operações a partir da análise de processos vivenciais. A partir destes dados serão alimentados os diversos processos do sistema no ambiente simulado e, a partir deste, possibilitar a análise de vários cenários de mudança com rapidez de alocação de recursos para a cognição da teoria de aplicação dos estudos de planejamento e controle de produção para a prática simulada.

2. Referencial teórico

2.1. Gestão de operações

Um sistema produtivo consiste em receber insumos e transformá-los em produtos com finalidade de saciar uma necessidade de seus clientes. Para concretizar isso é necessário adotar um conjunto de planos e ações para atender de forma eficaz suas metas, tendo divisão em curto (Programação), médio (Plano-mestre) e longo prazo (Plano de produção) o seu horizonte de planejamento (TUBINO, 2008).

Para isso, a gestão de operações, que é integrada com todas as áreas funcionais de uma organização, é responsável por direcionar e controlar o processamento como um todo (RITZMAN; KRAJEWSKI, 2004). A administração da produção possui quatro conceitos-chave, que são: recursos, sistemas, atividades de transformação e de valor agregado. Os recursos podem se caracterizar por pessoas ou matérias; os sistemas são conjuntos de ligações, nos quais podem haver subsistemas; as atividades de transformação e de valor agregado realizam a mudança de um insumo em um produto diferente, agregando funcionalidade ao mesmo em relação a sua matéria-prima (MONKS, 1987).

As decisões a serem tomadas em relação a produção podem ser divididas em cinco níveis segundo Tersine (1985), que são: i) “Por que”, que se trata das decisões políticas, ii) “o que”, é a pergunta que define as decisões referentes ao produto, iii) “como”, para as decisões

atribuídas ao processo, iv) “onde”, para as decisões de local para executar a atividade e, v) “quando” para as decisões operacionais.

Slack, Chambers e Johnston (2002) separam quatro tipos de dimensões de operação para essa transformação, sendo elas: volume, variedade, variação e grau de visibilidade. Para a produção que visa volume, os procedimentos são padronizados e existe uma especialidade em tarefas, que consiste em manter a quantidade de tarefas de um funcionário reduzida para ganhar eficiência e rapidez, e conseqüentemente, produzindo em massa. Na produção com foco em variedade, o produto ou serviço busca atender a mais necessidades do cliente, sendo flexível para ampliar a satisfação, porém, tendo um custo elevado em relação a um concorrente direto oriundo de uma produção com volume. Se a empresa adota uma estrutura baseada em variação, significa que ela adequa-se a demanda planejada por período, pois a mesma não tem uma procura uniforme, tendo picos de procuras e em outros momentos procuras irrisórias, fazendo com que tenha-se uma estrutura de planejamento de funcionários temporários e variação de preço para atender mais pessoas em seu período de menos procura, sendo que corre-se o risco de previsões equivocadas e demandas não atendidas caso a procura seja maior que o planejamento apontado. A dimensão de grau de visibilidade é a parte do processo que tem contato com o cliente, sendo importante para a não desistência do mesmo, pois o cliente acompanha essa parte do processo, como é o caso do atendimento.

Oposto ao pensamento de grande volume para reduzir os custos surge a filosofia *Lean*, cujas ideias de Eiji Toyoda deram os passos iniciais. Dennis (2008) descreve que se trata de uma forma de produzir com foco para as especificidades do cliente, com maior qualidade possível, menor custo possível, *Lead Time* mais curto por meio da eliminação constante de desperdícios no processo. Para se atingir isso, faz-se necessário que a qualificação das pessoas lhes permita ter trabalhos flexíveis e motivadas buscando sempre pelo *best way* (melhor caminho). Outra característica que diferencia a produção *Lean* é que a produção somente é realizada quando demandada (*Just-in-Time*), caracterizando uma produção puxada.

2.2. Simulação

2.2.1. Definição

Uma simulação é uma metodologia de resolução de problemas que reproduz um processo em tempo real ou em longo período de tempo, com o objetivo de avaliar o comportamento de um sistema e solucionar problemas (BANK, 2015).

Para Krajewski et al. (2009), a simulação de um processo de produção é útil para conduzir testes de possíveis mudanças sem interromper o fluxo real da operação, além disso, contribui para a análise de relação não-linear, e também, pode ser utilizado quando o problema operacional é complexo e exige a análise de vários fatores de decisão. Outro ponto a ser observado é que uma simulação reduz os custos em relação a novas implementações, pois os testes são feitos sem a necessidade prévia de instalar e operacionalizar todos os recursos de uma empresa.

Sendo assim, se os resultados obtidos com a mudança simulada não são satisfatórios, os custos inerentes à simulação serão muito menores daqueles gerados pela implatação desta etapa experimental. Neste ambiente virtual, é possível tomar decisões do processo em longo prazo utilizando-se de poucas horas gastas observando e modificando elementos na

performance computacional. Entretanto, uma simulação não dá garantias sobre o que ocorrerá no futuro, mas é uma ferramenta estatisticamente precisa para relatar a forma que um sistema se comporta, mediante dados e restrições inseridos em sua base (CHWIF; MEDINA, 2010)

Beaverstock et al. (2012) relata que a aplicação da tecnologia de simulação é útil para analisar e resolver problemas, e também, que existem várias etapas para produzir uma simulação efetiva, sendo que, este processo envolve a tradução de uma realidade para um modelo baseado em tempo, sendo necessário, aplicar uma metodologia para compreensão ampla, pois cada pessoa desenvolve um modelo conceitual diferente quando olha um sistema. Para montar um projeto de simulação, definida em três fases e seus passos pelos quais os autores recomendam realizar um projeto de simulação descritos a seguir:

Primeira fase: realizar a definição do sistema e o problema a ser investigado por meio dos seguintes passos:

- a) Revisar os processos e instalações;
- b) Estabelecer as metas e objetivos;
- c) Definir as suposições de modelo e sistema;
- d) Coleta de dados;
- e) Preparar um diagrama simples de elementos do sistema;
- f) Construir um modelo de simulação;
- g) Estabelecer parâmetros básicos para a simulação (exemplo, unidades de tempo)
- h) Definir e desenvolver as interfaces do usuário;
- i) Objeto de layout na tela (superfície de simulação)
- j) Definir e implementar a lógica;

Ribeiro et al. (2015) ressalta a importância da representatividade amostral para que a inferência seja o mais próximo possível do real, deixando a simulação rica e com precisão para as análises que posteriormente são realizadas a partir da simulação.

Segunda fase proposta por Beaverstock et al. (2012) visa usar o modelo de simulação para as seguintes análises:

- a) Validar e verificar o modelo de simulação;
- b) Projetar e executar experimentos;
- c) Analise os resultados da simulação;

Como realizado por Souza, Rangel e Soares (2012), a partir da validação e verificação do modelo por meio de testes, é possível ampliar a interatividade e inserir outros tipos de equipamentos, peças ou variáveis, a fim de inferi-los para o cotidiano caso analisando esses resultados os mesmos sejam favoráveis para o sistema.

Terceira fase proposta por Beaverstock et al. (2012) objetiva usar os resultados para desenvolver um plano de ação:

- a) Desenhar conclusões, apresentar os resultados e recomendações;
- b) Obter consenso para o plano de ação e implementá-lo;

Observa-se que a realização de simulação oportuniza aos gestores a oportunidade de analisar os possíveis resultados de vários cenários e facilitar o processo de tomada de decisão. Estes resultados podem ser representados em formas de tabelas que representem os comportamentos de cada processo analisado bem como de maneira sumária dos resultados, tanto unitários quanto percentuais, de um setor ou da fábrica como um todo (MAURÍCIO et al., 2015). Nesta fase também é possível realizar cenários diferentes buscando identificar quais alterações, tanto de processos, produtos ou máquinas, por meio da integração do simulador com sistemas de otimização com vistas a identificação dos melhores resultados dentre os cenários apresentados (OLIVEIRA; RANGEL; VIANA, 2014).

2.2.2. Coleta de dados para trabalho de simulação

A primeira etapa da ação prática para a elaboração de uma simulação é a tarefa de coleta de dados partido-se de uma abordagem descrita para a quantitativa (SILVA, et al., 2018). Para Peroni (S.D.), o método de estudo de tempos é utilizado para otimizar a condução da operação, no qual é baseado nos princípios de Descartes, que são racionalizar antes de definir algo como verdadeiro, fragmentar o problema, ordenar os problemas do mais simples até o mais complexo, e por fim, enumerar os elementos.

A fragmentação ocorre em quatro níveis: i) Ciclo de operações, compreendido com o conjunto de atividades operacionais; ii) Operação, que é o conjunto de movimentos realizados pelos operadores; iii) Movimentos, são os conjuntos de micro movimentos realizados pelos operadores e, iv) Micro movimento, representados pelas partes de um movimento (PERONI; S.D.).

Para Toledo Jr. (1988), para definir-se os melhores métodos é necessário previamente cronometrá-los em execução, sendo considerado o método já estabelecido inicialmente como o método-padrão, (até que se encontre uma solução mais eficaz) com uma análise atrelada ao estudo temporal.

Peroni (S.D.) também relata a utilização da cronometragem, que consiste em realizar medições de tempos dos movimentos necessários para as confecções ao longo do processo produtivo. Este processo é realizado com um cronômetro que volta a zero e automaticamente retoma a contagem. Para a realização, é necessário a divisão dos elementos, a fim de cronometrá-los separadamente. O motivo desta fragmentação se dá com o objetivo de identificar quais movimentos são os “gargalos” e identificar a possibilidade de adaptação ou até mesmo exclusão da etapa. Em uma produção de pequena escala, o número de amostras necessárias são de 10 a 20, enquanto se for em médio porte, o tamanho da amostra necessária passa a ser de 20 a 30, e por fim, uma grande fábrica necessita de 30 a 40 amostras para inferir a população.

O tempo de um processo inteiro é chamado de lead time, que é subdividido em tempo de espera (tempo em que o lote fica parado até o seu processamento), tempo de agregação de valor (o tempo que de fato o processamento ocorre), tempo de inspeção (verificação do material e qualidade) e tempo de transporte (TUBINO, 2008).

Monks (1987) identifica o tempo de ciclo, que é o tempo demandado para completar uma

unidade no processo, sendo que, esse se baseia no tempo disponível e na demanda do processo, para que assim, possa adaptar a operação em função do tempo de ciclo, demonstrado pela fórmula 1.

$$\text{Tempo de ciclo} = \frac{\text{Tempo disponível por período}}{\text{Demanda por período}} \quad (1)$$

Slack et al. (2008) relata que, posteriormente, deve-se identificar qual a capacidade necessária do processo a fim de atingir a meta demandada e definida anteriormente pelo uso do tempo de ciclo, sendo essa capacidade o que definirá quantos operadores (pessoas ou máquinas) devem ser utilizados para atingir o tempo de ciclo conforme Fórmula 2.

$$\text{Tempo de ciclo} = \frac{\text{Conteúdo do trabalho}}{N} \quad (2)$$

O conteúdo do trabalho é o tempo total calculado que incluem todas as tarefas de um determinado processamento, aonde, a partir deste, extrai-se qual a capacidade necessária para conseguir realizar o processo dentro do tempo de ciclo. Por fim, os autores sugerem o balanceamento dos processos, a fim de reposicionar atividades entre uma etapa e outra a fim de deixá-las com tempos semelhantes, assim evitando gargalos e deixando o conjunto com uma melhor fluidez, sendo inevitável que exista desajustes e desequilíbrio na prática, porém, é necessário ajustar o quanto se pode.

$$\text{Material em processo} = \text{tempo de processamento} (1/\text{tempo de ciclo}) \quad (3)$$

Em relação ao tempo de processamento, existe a lei de Little, na qual se estipula um turno ou um dia de trabalho a fim de identificar a quantidade processada neste período. Essa quantidade é denominada de material em processo é demonstrada pela Fórmula 3.

2.2.3. Fluxo de produção

O desenho do fluxo tem uma função importante na simulação para identificar o caminho percorrido, relatando também os tempos de execução de cada processo, a fim de ter a estrutura correta da realidade para lançar no sistema computacional.

Beaverstock et al. (2011) sugere utilizar como ponto de partida o diagrama de fluxo de objetos (OFD – *object flow diagram*), que é elaborado especialmente para o processo de desenvolvimento de modelo de simulação conceitual. O OFD tem a função de modelar e representar a estrutura básica de um sistema a fim de simulá-lo.

Para Rother e Shook (2013), “fluxo de valor” engloba todo o fluxo de produção desde a matéria-prima até o produto chegar ao cliente, além de ser também cada movimento realizado entre os fluxos que são indispensáveis para o produto final, sendo a representação visual do fluxo atual de produção, além do fluxo a ser implementado, verificado como mais viável. A partir deste conceito, os autores definem três passos o fluxo de valores, sendo o desenho do estado atual, o desenho do estado futuro e o plano de trabalho e implementação. Como o intuito do desenho do fluxo para este trabalho é o lançamento da situação atual no ambiente simulado, o foco estará no desenho do estado atual.

Para o desenho do estado atual, recomenda-se começar com o desenho a mão da planta única do ambiente operacional. Os processamentos e fluxo de materiais são indicados pelo uso de uma caixa de processos. Para representar o estoque de materiais, é aconselhado utilizar um triângulo com o “E” dentro, informando abaixo a quantidade em estoque e para quantos dias é

esse estoque. Já referente ao fluxo de materiais, é representado por setas largas, enquanto o fluxo de informações por setas simples ou em forma de raio, no caso de informação repassada por meios eletrônicos.

3. Métodos de pesquisa

Entendendo que o intuito deste trabalho é utilizar a tecnologia para demonstração prática de planejamento e controle da produção e análise das melhorias das operações, esta pesquisa tem como foco a participação dos estudantes do componente curricular de Administração de Operações, do curso de Ciências Contábeis que são participantes na pesquisa, para que o processo traga cognição, tanto nos experimentos com a fábrica em sala de aula quanto na aplicação dos dados no FlexSim.

Tanto o modelo da fábrica real quanto o seu modelo no ambiente virtual serão desenvolvidos pela equipe de desenvolvimento composta pelo docente e pelo estagiário e as equipes de trabalho de aula serão compostas pelos grupos de acadêmicos matriculados os quais apenas inserirão os dados no sistema e verificar suas análises. Além da coleta e análise de dados necessária para este trabalho, a pesquisa-ação no ambiente educacional tem papel fundamental (VEIGA; ZANON, 2016).

O objetivo principal deste trabalho foi o de utilizar uma plataforma de simulação de eventos discretos 3D para compreensão didática dos processos e auxílio para a tomada de decisão de práticas operacionais de uma fabricante de blocos de notas manufaturados pelos acadêmicos em aula para participar de um desafio de simulação. O público para este trabalho especificamente foram os alunos do curso de Ciências Contábeis da Universidade Federal de Uberlândia, no primeiro semestre letivo de 2018, cuja definição da amostra foi por conveniência.

Como problema principal questionou-se: Quais são as compreensões dos conceitos de processos obtidas a partir de dados primários de uma didática vivencial cujos dados são inseridos em um ambiente simulado computacional em 3D oportunizam para o desenvolvimento de melhorias e tomada de decisão gerenciais?

3.1. Pesquisa-ação

Para Barbier (1977), a pesquisa-ação ocorre por ação dos próprios participantes, indiferente da presença de especialistas para a condução do processo. A pesquisa-ação consiste em unir a pesquisa e sua ação com o objetivo de aprimorar o processo prático de forma comunicativa, coletiva, interativa, de forma a criar um partilhamento de conhecimento (TRIPP, 2018). Na perspectiva de Desroche, Thiollent (2006) descreve três fundamentos para a pesquisa-ação, que são: explicação (motivo da pesquisa), aplicação (contexto social que será beneficiado) e implicação (reciprocidade entre atores e autores do processo, que para Desroche, deveriam inverter os papéis na pesquisa, aonde o ator se torna autor). Para o conceito de implicação, Barbier (1977) considera três níveis, que são: psicoafetivo, histórico-existencial e estrutural-profissional.

Na relação individual entre autores e atores, existe a implicação psicoafetiva, que é a influência implícita da personalidade dos participantes da pesquisa, podendo ser particularidades vivenciadas, que inconscientemente podem interferir no andamento da investigação, nível no qual é apresentado a psicanálise como ferramenta para ser trabalhada junto a pesquisa-ação. Arelado a implicação psicoafetiva está a implicação histórico-existencial, que reflete o envolvimento com o tema e em quanto o estudo refletirá positivamente para o grupo social em que o participante está inserido, tanto autores e atores, engajam-se para auxiliar ao desenvolvimento de seu ambiente, que venha de a ser o projeto de pesquisa. O nível de implicação estrutural-profissional refere-se as relações que o estudo tem com a profissão exercida pelos participantes, que é o mediador decisório entre os níveis de implicação, sendo que, a relação de trabalho pode retrair informações importantes, visto que o medo de perder o emprego inibirá informações que o relator entende como prejudiciais a sua profissão (BARBIER, 1977).

O tipo de pesquisa-ação pode ser separado por meio de suas tipologias e variação de utilização dos três fundamentos, aplicação (sobre os atores), explicação (para os atores) e implicação (pelos atores). Quando a pesquisa contempla as três vertentes e os atores são quem direcionam, sendo uma investigação sobre eles e para eles, se trata de uma pesquisa com participação integral; se é pelos atores e para eles, porém eles não têm a autonomia de gerenciar a pesquisa, entende-se que eles tenham uma participação aplicada; denomina-se pesquisa distanciada quando ela se trata sobre os atores e eles têm participação nas decisões, porém, o foco inicial da resolução da pesquisa não interfere diretamente a eles a princípio.

O modelo de pesquisa que é feito sobre os atores, porém não tem a participação deles em nenhum tipo de movimentação e também não terá resultados voltados para eles é chamada de participação informativa. Nos casos em que o ator participa das ações da pesquisa, porém não existem evidências de que a pesquisa tenha é baseada ou trará resultados explícitos que o façam agir para a pesquisa, é chamada de pesquisa com participação espontânea. Uma pesquisa de marketing voltada ao produto que não tem a participação e não é sobre os atores que podem vir a ser consumidores pode ser chamada de participação utilitária. Já na participação militante é feita com a efetiva participação dos atores e voltada para eles, porém, sem previamente a pesquisa ter uma base sobre eles. Uma pesquisa ocasional é uma pesquisa sem quaisquer tipos de compromisso dos atores, sendo sua participação improvisada (THIOLLENT, 2016).

O método de pesquisa utilizado neste trabalho é a pesquisa-ação crítica, que segundo Franco (2005), é formada pela montagem da percepção pelo grupo participante do experimento, a partir da primeira aplicação, criando experiências e aprendizado para aprimoramento das práticas realizadas na pesquisa, também, é uma pesquisa-ação com participação aplicada dos atores sociais, já que os alunos são participantes, porém, tem participação limitada em decisões referente a pesquisa, e o experimento é feito a partir de sala de aula e tem como finalidade proporcionar métodos de aprendizagem para eles.

4. Análise dos Resultados

4.1. A estrutura do produto

O bloco de notas é estruturado por folhas de dimensões de 105x148,5 mm (1/4 de folha A4), as quais são dobradas ao meio, sendo assim, as páginas do bloco têm medida de 52,5x74,25 mm, sendo 4 páginas internas brancas e a capa colorida. Além das folhas, também fazem parte do produto a tinta que é impressa na capa e os dois grampos que são fixados na montagem final. A figura 1 demonstra os itens que fazem parte desta montagem do produto.

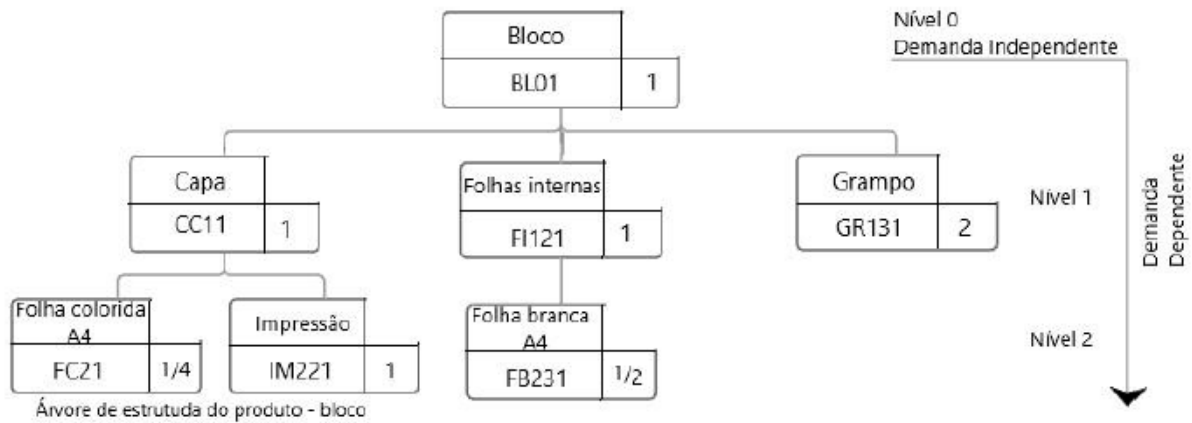


Figura 1 - estrutura do bloco de notas. Fonte: Adaptado do Grupo de acadêmicos A

4.2. O processo produtivo

O processo produtivo é dividido em cinco processos que são: i) Corte, ii) dobra, iii) pintura, iv) pré-montagem e v) montagem; conforme fluxo demonstrado pela figura 2.

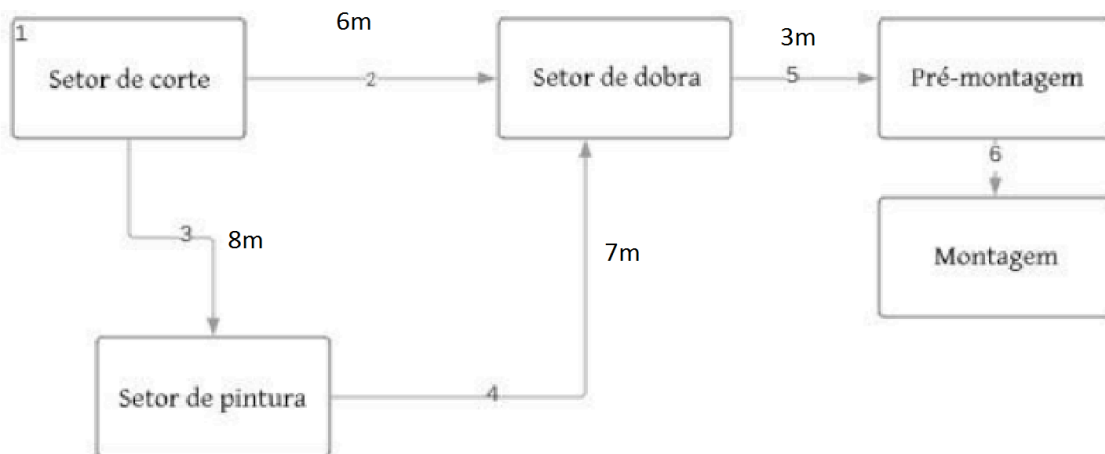


Figura 2 - processo produtivo da fábrica. Fonte: Adaptada do grupo de acadêmicos A

Setor de corte: Realiza o corte de uma folha de papel A4 em quatro partes, sendo as operações sequenciadas por i) dobrar a folha, ii) realizar o primeiro corte central, iii) cortar a primeira metade da folha e iv) cortar a segunda metade da folha. Esse processo é realizado pelo setor de corte tanto para a capa quanto para a folha interna, sendo a proporção realizada de 2 folhas A4 de páginas internas e transportando para o setor de dobra e 1 colorida na sequência, transportando para o setor de pintura.

Setor de pintura: O setor de pintura recebe as capas do setor de corte e realiza a pintura utilizando o carimbo, sendo fixada uma folha por vez para o processo, posteriormente transportando essas para o setor de dobra.

Setor de dobra: Recebe as folhas internas do setor de corte e utilizando a máquina faz-se as dobras dessas folhas de dimensão de 105x148,5 mm em duas partes, também recebendo as capas que chegam do setor de pintura para realizar o mesmo processo.

Setor de pré-montagem: O setor de pré-montagem é o responsável por deixar as 4 páginas internas e a capa alinhada para a montagem.

Setor de montagem: O setor de montagem utiliza o grampeador para fixar o bloco com 2 grampos, finalizando o processo produtivo.

Transportes: O layout da fábrica começa com distâncias entre as operações, são elas: i) 6 metros percorridos pelo operador de corte no transporte para a dobra e ii) 8 metros para a pintura, iii) 7 metros percorridos pelo operador de pintura para o transporte dos itens para o setor de dobra e iv) 3 metros percorridos para o transporte dos itens do setor de dobra para a pré-montagem, este setor que é anexado a montagem, portanto não existe transporte.

4.3. Desenvolvimento da didática

Antes de ser realizado esse experimento com a turma atual, houve um pré-teste com uma turma anterior, a qual não teve acesso a teoria ou demonstrações de como funcionaria a fábrica de blocos, sendo assim, houveram divergências entre os movimentos propostos e os movimentos executados ao longo do processo, entendendo-se que o tempo pode ser diferente quando se muda a forma de execução, além disso, quando executado o processo, houveram paralizações devido à incerteza no processo. Tratando-se do teste que foi realizado nesta turma de Ciências Contábeis a qual fez parte dos experimentos finais, houve uma mudança na programação de aulas, sendo explicada a teoria, e também, demonstrado o funcionamento da fábrica, além de demonstração de vários outros processos fabris, antes da atividade prática. Com essa mudança de programação de aula, houve uma eficácia na fábrica, que rapidamente funcionou sem erros de ordem nas execuções de processos e erros minimizados na cronometragem, visto que com processos melhor definidos, a coleta de dados também ganha melhor desempenho, entretanto, não utilizando para todo o processo de cronometragem a ferramenta criada para este fim, devido aos estudantes não terem o hábito de levar notebook para a aula ou não ter o referido aparelho.

O envolvimento da turma com a atividade foi abaixo do esperado, pois percebeu-se envolvimento com a atividade somente dos que tinham alguma função dentro da dinâmica, ficando os demais estudantes dispersos quando ocorria a aplicação.

A proposta a partir da montagem da fábrica foi que os tempos de produção fossem coletados em amostragem, além de uma separação dos alunos em 5 grupos, que desenvolveram um relatório da atividade cada, no qual descreveriam a atividade, os tempos e as propostas de melhoria para o processo como um todo. Após a prática da fábrica, as análises e desenvolvimento da simulação computacional foram desenvolvidas baseando-se nas mudanças propostas e pelos tempos relatados nos relatórios, sendo esses complementados com informações coletadas pelo autor.

4.4. Coleta de dados e análise dos dados

Para a coleta dos tempos dos processos, foi desenvolvida um sistema a partir de planilha digital, que automatiza as marcações de tempo pelo simples clique no botão, que em cada clique gera uma parcial de uma das operações seguindo para a cronometragem da seguinte operação sem que o tempo pause, somente pausando quando todo o processo de um lote é concluído. A figura 3 mostra um exemplo de aplicação para esta planilha.

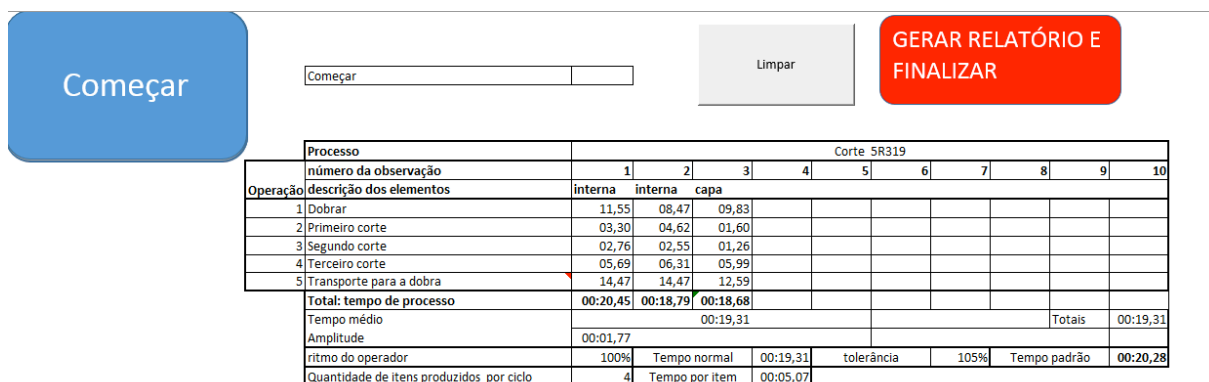


Figura 3 - planilha de coleta de tempos. Fonte: Elaborada pelos autores.

Neste exemplo, estava-se colhendo tempos de amostras no setor de corte. Assim que se aperta o botão “começar”, inicia-se a contagem de tempo de dobra, finalizando a dobra, com um clique passa-se a contar o tempo que se leva para o primeiro corte, com mais um clique passa a se contar o segundo corte, até chegar no tempo de transporte e interromper o ciclo, sendo começado novamente com outro clique no botão “começar” para uma nova amostra.

Entretanto, nos experimentos realizados com a turma de Ciências Contábeis na Universidade Federal de Uberlândia, obteve-se um fator restritivo no uso desta ferramenta, pois os estudantes portavam computadores em aula. Assim, o uso da planilha foi utilizada para a coleta de dados somente com o uso de um notebook (estes que foram mais precisos em relação ao método padrão) e para auxílio na tomada de tempos, alguns discentes realizavam a cronometragem padrão somente do processo, não dividindo o processo em operações detalhadas como proposto, sendo assim, os tempos das amostras foram baseados no tempo total de cada processo, não detalhando assim as operações de cada um. Os dados obtidos pela coleta feita a partir dos processos de transformação da matéria-prima, assim como a média e desvio padrão das amostras, estão descritos na figura 4, e os tempos de transporte estão na figura 5.

Processos	número da observação	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Tempo médio	Desvio padrão
	descrição dos processos (sem transporte)												
1	Corte a cada 4 itens (folhas de 105x148,5 mm)	23,30	21,95	23,58	18,68	28,17	26,16	24,01	27,56	24,64	30,48	24,85	03,38
3	Pintura a cada 4 itens (folhas de 105x148,5 mm)	22,63	22,93	28,60	21,56	22,63	22,93	28,60	21,56	22,78	25,08	23,93	03,17
2	Dobra a cada 12 itens (folhas de 105x148,5 mm)	01:09,00	00:44,49	01:12,93	01:15,30	01:09,00	00:44,49	01:12,93	01:15,30	56,75	14,12	01:05,43	00:14,20
4	Pré-montagem por bloco (3 folhas de 105x148,5 mm)	10,64	11,90	08,27	11,01	10,64	11,90	08,27	11,01	11,27	09,64	10,46	01,55
5	Montagem por bloco (3 folhas de 105x148,5 mm)	09,01	07,85	09,55	10,27	09,01	07,85	09,55	10,27	08,43	09,91	09,17	01,02

FIGURA 4 - Tempos dos processos. Fonte: Elaborada pelos autores.

Processos	número da observação	1	2	3	4	5	Tempo médio	Desvio padrão	
	Tempos de transporte	Distância (metros)							
1	De: Setor de corte Para: Setor de dobra (8 folhas 105 x 148,5 mm)	6	14,47	11,00	10,41	09,60	09,45	10,99	02,05
3	De: Setor de corte Para: Setor de pintura (4 folhas 105 x 148,5 mm)	8	12,59	12,22	12,39	11,48	11,20	11,98	00,60
2	De: Setor de pintura Para: Setor de dobra (4 folhas 105 x 148,5 mm)	7	00:17,39	00:16,56	00:12,48	00:13,13	00:14,55	14,82	02,12
4	De: Setor de dobra Para: Pré-montagem (12 folhas 105 x 148,5 mm)	3	05,65	06,03	05,03	07,27	04,94	05,78	00,94

FIGURA 5 - Tempos de transporte. Fonte: Elaborada pelos autores.

4.5. Mudanças propostas pelos estudantes

Foi solicitado aos estudantes que realizassem uma reflexão em relação aos processos da fábrica e oferecer ideias de mudanças a fim de otimizar os recursos existentes, sendo essas, testadas no software de simulação 3D para identificar-se as vantagens ou desvantagens de tais mudanças.

Mudança de leiaute: Sendo a mudança mais sugerida, foi sugerido que os processos sejam aproximados, extinguindo assim o tempo de transporte entre os setores e otimizando o tempo dos operadores.

Sinergia entre setores: Também bastante sugerido, foi a integração de setores diferentes, sendo que o mais sugerido foi que se junte a pré-montagem e a montagem em um único processo realizado por um operador, e além desse, também houve a sugestão de integrar a pintura com a montagem, sendo a pintura o último processo, feito pelo mesmo operador da montagem.

Funcionário exclusivo para transporte: Também foi sugerido por um grupo de estudantes que existisse um funcionário exclusivo para transporte, opondo-se aos outros grupos que indagaram sobre a aproximação dos processos.

4.6. Simulação

Devido a utilização do *software* de simulação 3D ter sido realizada a partir da versão gratuita, alguns recursos como rodar simultaneamente a fábrica com cenários diferentes, assim como limitação de recursos inseridos, foram desenhados três modelos da fábrica, sendo eles, a fábrica inicial (com o transporte entre os departamentos), o leiaute reduzido sem a necessidade de transporte e, ainda, um modelo utilizando somente um operador para pré-montagem e montagem. Os tempos inseridos nos modelos foram inseridos através de curva normal, na qual foram utilizadas as médias calculadas e desvios padrões de cada processo conforme a figura 6, igualmente nos 3 modelos, devido a existir variabilidade no processo.

O modelo inicial, teve as distâncias entre os setores teve um tempo total de ciclo por lote de 346,44 segundos. O tempo coletado total de uma das amostras, desde o corte até a montagem foi de 327,27 segundos. Sabendo-se que a fábrica tem variedade de tempos no processo, uma diferença de 19,17 segundos é aceitável para validar o modelo e aceitar tanto este quanto os modelos baseados nas mudanças.

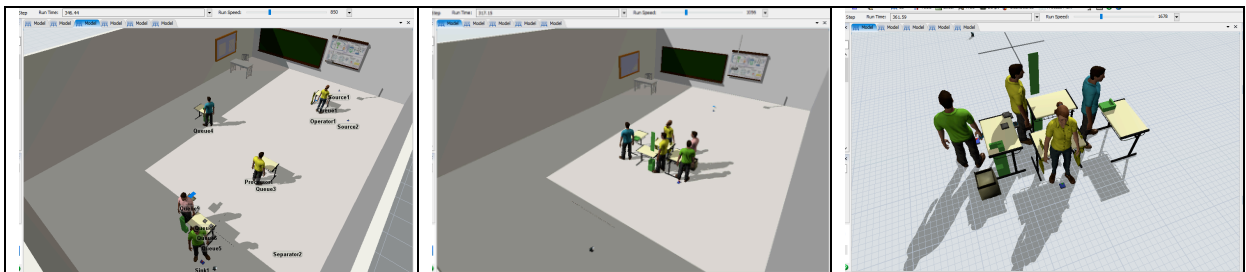


FIGURA 6 - Modelos de simulação da fábrica inicial, redução de layout e um operador na montagem. Fonte: Elaborado pelos autores.

No modelo com leiaute reduzido foram eliminadas as distâncias entre os processos, com isso, o tempo de transporte é extinto. Com essa mudança, o tempo total de processamento do lote reduziu para 317,15 segundos em relação ao modelo inicial, lembrando que existe variação estatística para o processo em suas etapas, conforme demonstrados pelos desvios padrões dentro de cada processo, porém, é um resultado esperado que ocorra a redução de tempo neste caso.

O modelo com leiaute reduzido e com redução de um funcionário, adquiriu maior tempo em relação aos tempos anteriores de execução, ficando com tempo por lote de 361,59, lembrando-se que existe variação estatística, aonde cada vez que rodar o sistema poderá trazer um tempo diferente.

Entretanto, o tempo da operação montagem (que nos outros modelos tem a separação entre pré-montagem e montagem) ficou com o tempo médio de 19,62 segundos com desvio padrão de 1,15 segundos (conforme figura 7), enquanto que o gargalo da fábrica (o setor de dobra) tem um tempo médio de 65,43 segundos com desvio padrão de 14,2 segundos. Portanto, além de reduzir os custos com um funcionário, o modelo demonstrou que houve uma redução de ociosidade nos operadores, embora o tempo de ciclo tenha se mantido um pouco acima do modelo com dois montadores.

Para outros estudos, poderão ser obtidas várias informações a partir destes modelos criados, como por exemplo extrair informações de períodos longos da fábrica, sendo a produção em um dia, semana, mês ou até ano, pois a ferramenta possibilita essas análises. Não foi possível

que o modelo fosse manuseado pelos estudantes durante aula, devido a limitações técnicas do laboratório de informática, no qual somente algumas máquinas rodaram o *software*, porém, os modelos foram apresentados aos estudantes, para que eles pudessem visualizar o cenário que as mudanças propostas por eles criaram, sendo um cenário de partida para posteriormente serem aplicadas atividades práticas com modelos mais robustos como simulações de fábricas com lógicas complexas, aos quais eles poderão manusear mudanças e compreender a importância de cada variável no ambiente.

Nº da observação	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Tempo médio	Desvio padrão
Pré-Montagem	10,64	11,90	8,27	11,01	10,64	11,90	8,27	11,01	11,27	9,64	10,46	1,32
Montagem	9,01	7,85	9,55	10,27	9,01	7,85	9,55	10,27	8,43	9,91	9,17	0,90
Montagem (unificada)	19,65	19,75	17,82	21,28	19,65	19,75	17,82	21,28	19,70	19,55	19,63	1,16

FIGURA 7 - Tempo do setor de montagem unificado. Fonte: Elaborada pelos autores.

5. Considerações finais

O estudo proposto por este trabalho visa criar elo entre a efetividade da coleta de dados primários de um ambiente vivencial como fonte para análise das melhorias a serem propostas e a partir destes dados, realizar a análise de melhorias por meio de um ambiente simulado 3D, sendo esta uma forma mais ágil de demonstrar, em aula, o quanto as diversas propostas de mudanças impactam em uma fábrica. A pesquisa foi feita com o auxílio e participação dos alunos de graduação de Ciências Contábeis, os quais auxiliaram tanto realizando os processos da fábrica de bloco de notas quanto relatando a experiência.

Após finalizados os testes de coletas de dados a partir de um ambiente preciso de identificação das etapas do processo, foi identificado que uma ferramenta bem definida e automatizada para coleta de dados é eficaz em processo de cronometragem de tempos, sendo mais efetivo em um ambiente de aula, no qual os participantes não têm o hábito de coletas de tempo, podendo haver diferenças na mesma amostra entre eles quando coletado de forma manual, e no caso do teste feito com a turma de ciências contábeis, somente foi possível utilizar a ferramenta automatizada pelo uso de um notebook, sendo todos os outros tempos amostrais coletados da maneira tradicional com cronômetro, lápis e papel para anotar.

Os dados coletados em sala foram divididos por amostra, conseguindo pelo uso destas definir os tempos de processos dentro do simulador e emitir análises pela elaboração de cenários diversos a partir dele, levando em conta a variabilidade e características do processo.

Em relação as mudanças propostas pelos estudantes, essas foram discutidas em sala a fim de entender a motivação das mesmas e as explicações de porquê foram sugeridas, extraindo desse debate ideias estruturadas que possibilitaram testes no sistema de simulação, que foi utilizado para realizar a comparação entre o modelo inicial de fábrica e o modelo com as mudanças que eles sugeriram.

A montagem do sistema de simulação pode exigir complexidade na hora da montagem da lógica da fábrica no modelo simulado, porém, como constatado, é um método que diminui custos com testes, pois comumente os testes são feitos em empresas na prática, ou seja, a implementação é feita e somente com o cotidiano é constatado a viabilidade ou não da mudança.

A simulação proposta neste trabalho foi realizada, baseando-se no que os estudantes vivenciaram, e pode ser usado como um método de ensino prático, pois existem graduandos

que em muitos casos, conforme entrevistas não estruturadas, não tiveram acesso formal a uma fábrica, dificultando assimilar a realidade com o que é vivenciado academicamente, então, com a vivência e a simulação de uma fábrica mais simples como a fábrica de bloco de notas, a compreensão de fábricas robustas fica mais acessível.

A proposta para futuros estudos é que a partir destes modelos de simulação da fábrica de bloco de notas, possa ser ampliada a análise dos indicadores que são apontados pelo software a partir dos estudantes, para que assim experimentem de forma inferida as mudanças, além também de acrescentar dados contábeis e financeiros ao estudo, visto que neste trabalho essa variável não foi determinada, para que assim, possa também ser relatado os impactos em variáveis como a variação de custos, fluxo de caixa, inventário, margem de contribuição do produto entre outros elementos de análise.

Referências

- ANDRADE, I. F.; DOMINGOS, J. C.; VEIGA, C. H. A. Análise do uso da simulação empresarial baseada em dinâmica de sistemas como ferramenta de ensino em administração no Brasil. **Gestão e Aprendizagem**, v. 6, n. 2, 2017.
- BANKS, J. et al. **Discrete-event system simulation**. 4. ed. New Jersey: Prendice-Hall, 2005.
- BARBIER, R. **A Pesquisa-ação na instituição educativa**. Tradução de Estela dos Santos Abreu com a colaboração de Maria Wanda Maul de Andrade. Rio de Janeiro: Jorge Zahar Editor, 1985.
- BEAVERSTOCK, M. Et al. **Applied Simulation: Modeling and Analysis using FlexSim**. Orem: FlexSim Software Products, Inc, 2012.
- CHWIF, L; MEDINA, A.C. **Modelagem e Simulação de Eventos Discretos: Teoria & Aplicações**. São Paulo: Ed do autor, 2010.
- DENNIS, P. **Produção Lean Simplificada: Um guia para entender o sistema de produção mais poderoso do mundo**. Tradução de Rosália Angelita Neumann Garcia. São Paulo: Bookman, 2008.
- ENGEL, G. I. Pesquisa-ação. **Educar**, Curitiba, n. 16, p. 181-191. 2000. Editora da UFPR. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/er/n16/n16a13.pdf>
- FRANCO, M. A. S. Pedagogia da Pesquisa-Ação. **Educação e Pesquisa**, São Paulo, v. 31, n. 3, p. 483-502, set/dez. 2005. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/ep/v31n3/a11v31n3>. Acesso em: 03 de Abr. 2018.
- GREENWOOD, A. G; PAWLEWSKI, P; PAWLEWSKI, G. et al. A conceptual design tool to facilitate simulation model development: Object flow diagram. Washington: **Winter Simulations Conference**, 2013
- HOFRICHTER, M. **VSM - Value Stream Mapping: como fazer, passo a passo**. Porto Alegre: Simplíssimo Livros Ltda, 2017
- KRAJEWSKI, L.J; RITSMAN, L.P; MALHOTRA, M.K. **Administração de produção e operações**. Tradução de Lúcio Brasil Ramos Fernandes, Mirian Santos Ribeiro de Oliveira; revisão técnica André Luís de C. M. Duarte, Susana C. Farias Pereira. São Paulo: Pearson Education, 2009.

- MAURICIO, T.B. Et al. **Using discrete event simulation to change from a functional layout in an auto parts industry**. Maringá: Acta Scientiarum Technology, 2015
- MONKS, J. G. **Administração da Produção**. Tradução de Lauro Santos Blandy; revisão de Petrônio Garcia Martins. São Paulo: McGraw-Hill, 1987
- PERONI, W. J. **Tempos e Movimentos**. Rio de Janeiro: CNI/DAMPI, SD.
- ROTHER, Mike; SHOOK, John. **Aprendendo a enxergar**. São Paulo: Lean Institute Brasil, 2003.
- RIBEIRO, H. A. S et al. Dinâmica Realista de Operações Simuladas: o conta gotas como objeto de aprendizagem na simulação computacional de eventos discretos. Bauru: **GEPROS**. Gestão da Produção, Operações e Sistemas, 2015, p. 97-111.
- RITSMAN, L.P; KRAJEWSKI, L.J. **Administração de produção e operações**. Tradução de Roberto Galman; revisão técnica Carlos Eduardo Mariano da Silva. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2004.
- SILVA, S. S.; SANTOS, M. G. F.; MORAES, J. A. A.; SOUZA, K. R. B. Simulação como ferramenta de análise de capacidade de processo: um estudo de caso em uma revenda de bebidas. Simpósio de engenharia de produção da região nordeste. **Anais do IX SEPROGne**... Juazeiro, BA, 7 a 9 mar. 2018.
- SLACK, N; CHAMBERS, S; JOHNSTON, R. **Administração da produção**. Tradução de Maria Teresa Corrêa de Oliveira, Fábio Alher; revisão técnica de Henrique Luiz Corrêa. 2. Ed. São Paulo: Atlas, 2002.
- SLACK, N. **Gerenciamento de operações e de processos**: princípios e prática de impacto estratégico. Tradução Sandra de Oliveira; consultoria, supervisão e revisão técnica Rogério Garcia Bañolas. Porto Alegre: Bookman, 2008.
- SOUZA, A. A; RANGEL, J. J. A; SOARES, M. B. **Modelos de simulação a eventos discretos como ambiente de treinamento em controle digital**. Campos dos Goytacazes: Vértices, 2012.
- TERSINE, R. J. **Production/Operation Management: Concepts, Structure, and Analysis**. Second Edition. New York: Elsevier Science Publishing CO., Inc., 1985
- THIOLLENT, M. **Pesquisa-ação e Projeto Cooperativo na Perspectiva de Henri Desroche**. São Carlos: EdUFSCar, 2006.
- TOLEDO, JR. F. B. **Cronoanálise**. 10. ed. Mogi das Cruzes: O&M, 1988.
- TRIPP, D. Pesquisa-ação: uma introdução metodológica. Tradução de Lólio Lourenço de Oliveira. **Educação e Pesquisa**, São Paulo, v. 31, n. 3, p. 443-466, set./dez. 2005. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/ep/v31n3/a09v31n3>. Acesso em: 03 de Abr. 2018.
- TUBINO, D. F. **Planejamento e Controle da Produção**: Teoria e prática. 1. Ed – 2. Reimpr. São Paulo: Atlas, 2008.
- VEIGA, C. H. A.; ZANON, L. B. **Atividades de interação com integração de aprendizagens: uma didática para ensino dinâmico**. Curitiba: Appris, 2016.