

A UTILIZAÇÃO DE SIMULAÇÃO PARA O ENSINO E APRENDIZAGEM DE CONTROLE ESTATÍSTICO DO PROCESSO: UMA PROPOSTA DIDÁTICA

Bruno Santos Vieira^{1*}
Lúcio Galvão Mendes^{2**}
Elizane de Andrade^{3***}

RESUMO: No processo de ensino e aprendizagem de unidades curriculares específicas dos cursos de Engenharia de Produção, há uma evidente problemática de representar toda diversidade dos diferentes tipos de processos de produção que possam existir. Nesse sentido, a simulação pode ser um aliado no processo de ensino e aprendizagem. Este trabalho buscou desenvolver contextos simulados utilizando o software Arena® como tecnologia de visualização para aprendizagem de conteúdos específicos de Controle Estatístico do Processo, de forma a promover aos alunos uma visão prática sobre situações em sistemas produtivos. Para tanto, elaborou-se três modelos de simulação para contextos relacionados à prática de utilização dos gráficos de controle, além de uma dinâmica de interação em sala de aula em que o docente alterna momentos em que o processo estava sob ou fora de controle. A abordagem obteve resultado positivo segundo avaliação realizada com os estudantes participantes, que consideraram que a dinâmica auxiliou na aprendizagem e na motivação.

PALAVRAS-CHAVE: Arena®. Ensino-Aprendizagem. Engenharia. Controle Estatístico de Processos;

^{1*} Mestre em Engenharia de Produção, bruno.vieira@ifsc.edu.br

^{2**} Mestre em Engenharia de Produção, lucio.galvao@ifsc.edu.br

^{3***} Doutora em Educação, elizane.andrade@ifsc.edu.br

1 INTRODUÇÃO

O Ensino no contexto da Engenharia deve estar em constante reflexão, devido às mudanças permanentes nas necessidades do perfil profissional. Tendo em vista a proficiência quanto às capacidades técnicas, interpessoais e de gestão previstas nos Projetos Pedagógicos de Curso, o modelo de ensino tradicional, baseado em aulas puramente expositivas, está sendo repensado. Diante desse contexto, simulações e jogos didáticos têm sido utilizados como instrumentos de ensino em diversas áreas do conhecimento, como alternativa e complemento às aulas expositivas de memorização (DEPEXE, 2010)

No processo de ensino e aprendizagem de unidades curriculares específicas dos cursos de Engenharia de Produção, há uma evidente problemática de representar a diversidade dos diferentes tipos de processos de produção que possam existir. Isto porque é inviável, em muitos sentidos, ter laboratórios que contemplem todos os tipos de processos de fabricação e suas interações. Assim, muitos dos contextos que os estudantes irão vivenciar em sua vida profissional não são muito abordados em sala de aula de forma prática (COIMBRA; PAULISTA, 2016).

O *software* de simulação Arena® é amplamente utilizado para a modelagem e simulação de sistemas produtivos, com o objetivo de auxiliar o processo decisório a partir da mudança de cenários. A utilização do *software* aplicado no contexto didático da unidade curricular de Controle Estatístico do Processo é capaz de minimizar esta problemática, propiciando ao estudante o contato com contextos diversificados, até então inviáveis de se representar em ambiente acadêmico.

A justificativa do projeto se dá devido ao desenvolvimento de novas propostas de ensino dos conteúdos específicos da Engenharia de Produção, de forma a aproximar o aluno de questões práticas, além de trazer um caráter lúdico, de interação diferenciada entre os discentes, e entre eles e o docente. Ademais, como caráter de pesquisa, as possibilidades desenvolvidas poderão ser replicadas por instituições e professores que tiverem o interesse de introduzir as estratégias em suas aulas.

O objetivo geral desta pesquisa é o de desenvolver uma proposta didática utilizando o software Arena® como tecnologia de visualização para aprendizagem de conteúdos específicos de Controle Estatístico do Processo, de forma a promover aos alunos uma visão prática sobre situações em sistemas produtivos.

Os objetivos específicos da pesquisa são: 1) Identificar conteúdos de Controle Estatístico do Processo que dependam significativamente da interação do estudante com contextos práticos para sua real compreensão ou que seriam beneficiados por esta interação; 2) Modelar os contextos propostos no software Arena®, de acordo com as características de processos produtivos e com as necessidades da situação de ensino-aprendizagem; 3) Propor a abordagem de interação com o modelo, em ambiente de sala de aula na situação de ensino-aprendizagem; 4) Avaliar a utilização do Arena® como forma de representação de sistemas produtivos no ensino de conteúdos de Controle Estatístico do Processo.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Educação na Engenharia de Produção

O modelo tradicional de ensino adotado da Educação em Engenharia está embasado na transmissão do conhecimento, focando usualmente em aspectos conceituais, sem necessariamente em sua contextualização (BELHOT *et al.*, 2001). Segundo Silva *et al.* (2016), o ensino de Engenharia no Brasil ainda é apoiado na acumulação de conteúdos, fazendo-se necessário a substituição desse modelo por outros que potencializam a aprendizagem. Apesar disso, os autores, em sua revisão da literatura, apresentam um quadro com 35 artigos que relatam a utilização de jogos e simuladores para ensino em áreas da Engenharia de Produção, evidenciando as novas possibilidades no contexto de ensino-aprendizagem.

Ao sumarizar os artigos analisados pelos mesmos autores, relacionando-os com disciplinas típicas de cursos de engenharia de produção, obtêm-se o gráfico da Figura 1.

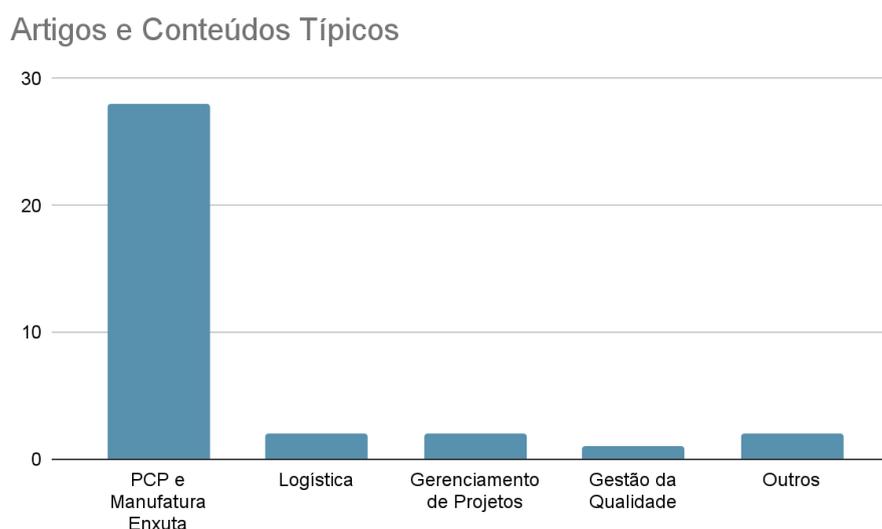


Figura 1 - Sumarização dos artigos analisados pelos autores Silva *et al.* (2016) com disciplinas típicas da Engenharia de Produção

Observa-se uma grande ênfase em dinâmicas e usos da simulação para o ensino de assuntos relacionados ao Planejamento de Controle da Produção (PCP) e à Manufatura Enxuta. Embora pesquisas relacionadas à área de qualidade sejam desenvolvidas, para especificamente Controle Estatístico da Qualidade não foram apresentadas pesquisas pelos autores.

Silva *et al.* (2007) consideram os *softwares* de simulação como facilitadores didáticos no contexto da Engenharia de Produção, permitindo que se utilize de animações que promovam uma maior inteligibilidade do aluno. Em sua obra, Tubino (2009), por exemplo, mescla conceitos de Planejamento e Controle da produção à dados obtidos por um jogo de simulação colocado à disposição do leitor, referente a uma indústria têxtil.

Já em Coelho *et al.* (2009) os autores relatam utilizar um simulador que possibilita representar o fluxo de materiais e informações resultante da interação entre as empresas clientes e fornecedoras, para demonstrar os benefícios do compartilhamento de informações sobre a demanda em cadeias de suprimento no ramo têxtil.

2.2 Software Arena®

Arena® é um *software* para simulação de processos, amplamente popular em aplicações comerciais e a escolha dominante em universidades para ensinar conceitos de simulação. O *software* foi concebido em 1991, a partir da junção de duas outras tecnologias: 1) a linguagem chamada SIMAN (acrônimo para *Simulation e Analysis*) para para modelagem de processos, inicialmente desenvolvida em 1981; 2) sistema de animação chamado CINEMA, desenvolvido em 1985 para fornecer animação em tempo real dos modelos SIMAN. (ROBERTS, *et al.*, 2017)

O Arena® combina a facilidade de uso encontrada em simuladores de alto nível com a flexibilidade das linguagens de simulação, fornecendo templates de modelagem e simulação gráfica e módulos de análise que acabam por permitir criar uma variedade ampla de modelos de simulação. Na Figura 2, apresenta-se o ambiente do Arena®. No lado esquerdo da Figura 2, pode-se observar uma série de paletas de ferramentas que podem ser incluídas no ambiente de trabalho em branco, à direita da mesma Figura.

Além disso, o Arena® inclui ainda animação dinâmica, gráficos 3D, *dashboards* e permite o desenvolvimento e a análise estatística dos cenários modelados. (KELTON *et al.*, 2015)

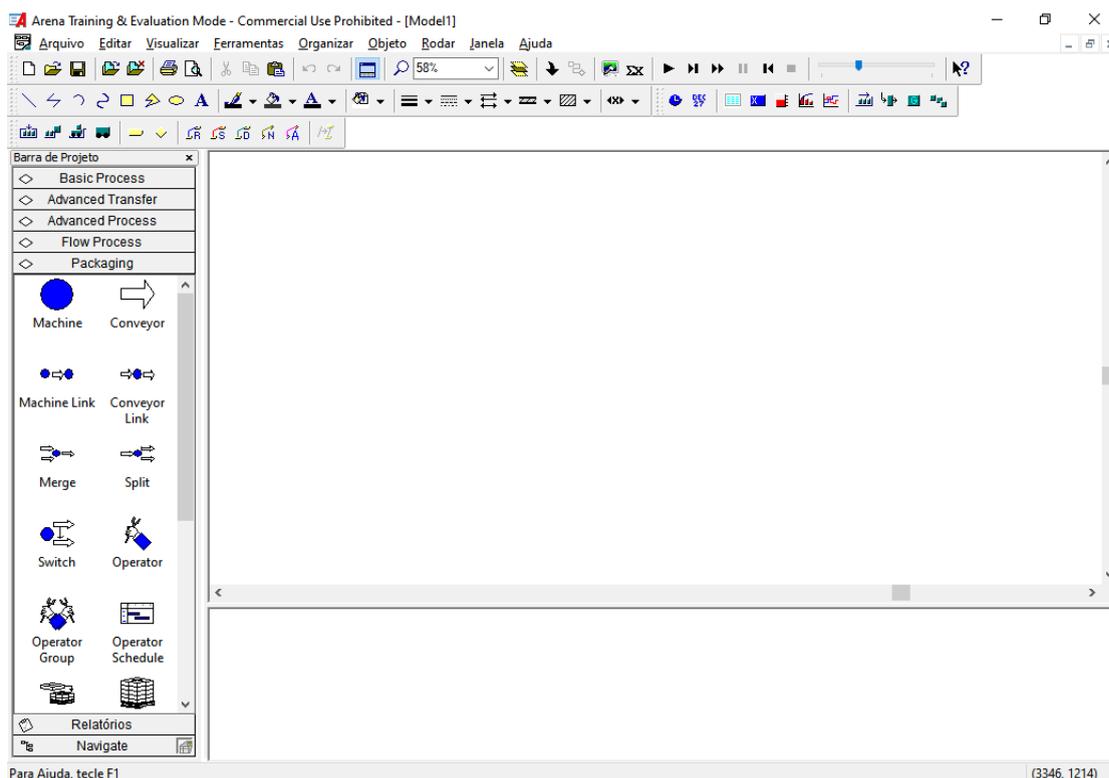


Figura 2 - Ambiente de simulação do Arena®

Nesta pesquisa, a utilização do Arena® não tem por objetivo típico de dar suporte à tomada de decisão em um processo industrial ou de serviços, mas sim o de fornecer a visualização de um contexto virtual que remeta a um contexto industrial real e factível, de modo a trazer significado à prática pedagógica.

2.3 Controle Estatístico do Processo

O Controle Estatístico de Processo (CEP) consiste em um conjunto bem estabelecido de ferramentas que visa compreender, monitorar, controlar e melhorar o desempenho dos processos produtivos ao longo do tempo (SORIANO; OPRIME; LIZARELLI, 2018). É uma estratégia adotada por companhias com o objetivo de definir e monitorar padrões de produto e processo produtivo (ABRAÃO; CARDOSO, 2020).

O CEP faz uso de ferramentas chamadas gráficos de controle ou cartas de controle. Os fundamentos dessas ferramentas consistem no acompanhamento de determinado parâmetro do processo ao longo do tempo, por meio de amostras ou subgrupos racionais retirados do sistema, comparados a parâmetros de variação estabelecidos (chamados limites de controle), e representados de forma gráfica, de maneira a facilitar a sua análise.

Há diversos tipos de cartas de controle, que podem ser classificadas por: gráficos de controle para variáveis e os gráficos de controle para atributos (MONTGOMERY, 2009). A diferença entre elas é que e os primeiros controlam variáveis contínuas (como o diâmetro de uma peça, quantidade de líquido em uma garrafa), e os últimos variáveis discretas (como número itens defeituosos, quantidade de reclamações).

3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Quanto ao enquadramento metodológico, a presente pesquisa pode ser classificada como quali-quantitativa, pois além da utilização de dados, a percepção dos pesquisadores também será considerada para a análise. Quanto aos objetivos, será exploratória, já que se deseja explorar a temática da utilização dos simuladores na didática da Engenharia de Produção.

Pode-se considerar que a pesquisa desenvolveu-se em cinco etapas:

1) A definição dos contextos práticos relacionados aos conteúdos de Controle Estatístico do Processo a serem representados por meio do do simulador, segundo a visão do docente desta unidade curricular, no curso de Engenharia de Produção do Câmpus Caçador, que é um dos autores deste trabalho, e a discussão com os demais autores;

2) A construção do do modelo de simulação utilizando o *software* Arena®. Para isso, o principal fator levado em consideração foi o direcionamento para seu uso no contexto didático (interação em sala de aula);

3) Desenvolvimento da prática pedagógica que se utilizou do *software* Arena® como forma de visualização virtual e simulada do contexto prático, a partir dos contextos previamente definidos

4) Aplicação da prática realizada em sala de aula, a partir da visualização da execução do modelo de simulação, integrada ao contexto didático desenvolvido;

5) A observação e a reflexão após a prática em sala de aula de modo a auxiliar na avaliação da proposta didática. Para a avaliação da proposta didática, utilizou-se da pesquisa-ação. No contexto pedagógico, Tripp (2005, p. 485) afirma que “A pesquisa-ação educacional é principalmente uma estratégia para o desenvolvimento de professores e pesquisadores de modo que eles possam utilizar

suas pesquisas para aprimorar seu ensino e, em decorrência, o aprendizado de seus alunos”. Já segundo O’Connor, Greene e Anderson (2006), a pesquisa-ação é uma boa forma para que docentes criem estratégias de melhoria de suas práticas docentes.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Definição dos Contextos e Construção do Modelo de Simulação

Primeiramente, discutiu-se o planejamento do que se desejava ser modelado para representar a situação no contexto didático, utilizando o software Arena®. O modelo de simulação deveria apresentar um processo simples de produção em que periodicamente fosse retirado uma amostra de produtos fabricados. Esta seria a primeira finalidade do modelo: representar a existência de um processo.

Além disso, como controle estatístico de processo depende de uma atividade de inspeção, na qual algum parâmetro do produto deve ser avaliado, o modelo também deveria representar esta atividade. Assim, foram definidos contextos a serem simulados, aqueles relacionados tipicamente ao setor de qualidade das empresas, mais especificamente relacionados ao monitoramento da qualidade por coleta de amostras na utilização dos gráficos de controle dos seguintes tipos:

- 1) X-R: O modelo deve apresentar uma medida da peça produzida
- 2) NP: O modelo deve apresentar se a peça está conforme ou não;
- 3) e C: O modelo deve apresentar o número de defeitos presentes em uma peça

De forma geral, o cenário simulado encontra-se na Figura 3. Trata-se de uma representação de uma linha de montagem com 3 postos na parte superior da Figura 3, em que a cada 50 peças, contadas no contador da parte superior, à direita, uma amostra de peças é encaminhada para a inspeção, (o colaborador da parte de baixo).

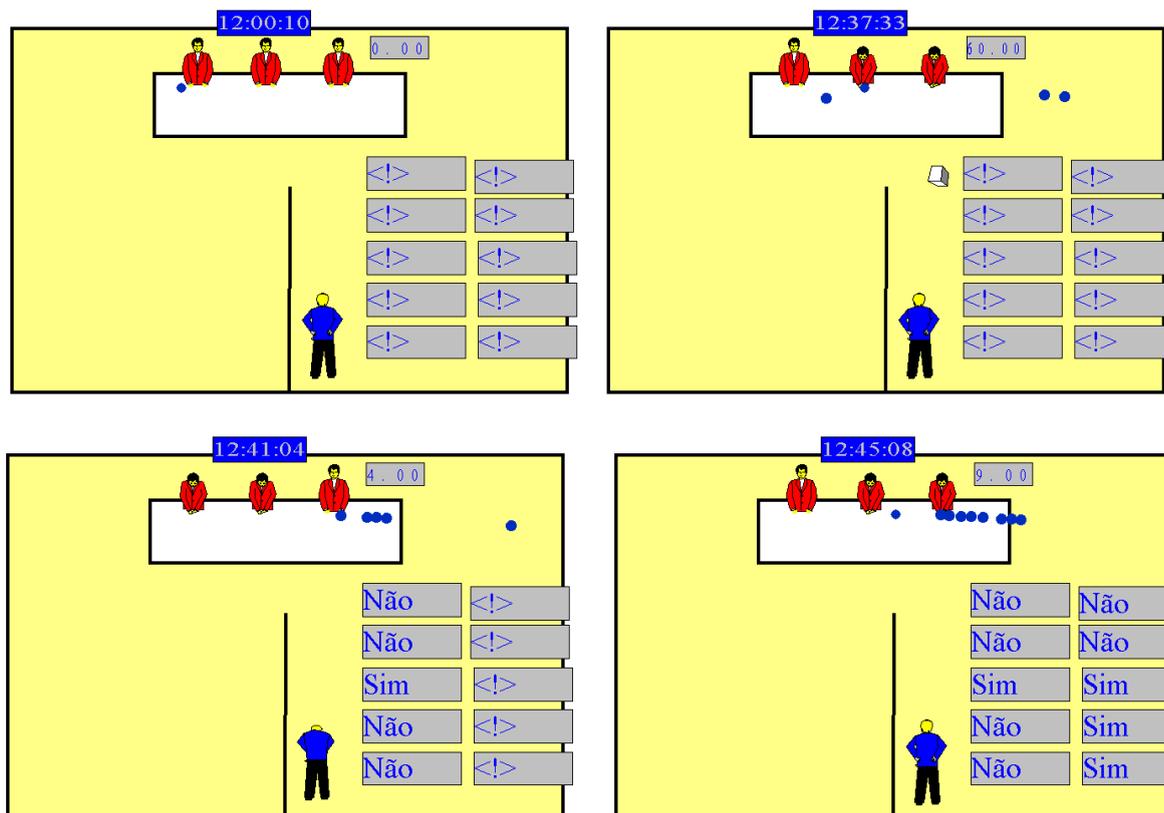


Figura 3 - Cenário simulado em quatro momentos distintos: a) momento em que as peças iniciam a chegada na linha de montagem; b) momento em que a amostra está sendo enviada para inspeção (cubo branco); c) momento em que o inspetor analisou 5 peças e d) momento em que o inspetor analisou toda a primeira amostra de 10 peças.

A partir da programação realizada para o modelo, este deve apresentar no visor o resultado da inspeção de cada peça, de acordo com a necessidade de cada tipo de carta de controle. No caso da Carta X-R um valor de medida de diâmetro da peça (número real); na carta NP se cada peça está defeituosa ou não (sim ou não), e a carta C com o número de peças defeituosas por peça (número natural). A representação dos valores apresentados em cada tipo de carta é apresentada na Figura 4.

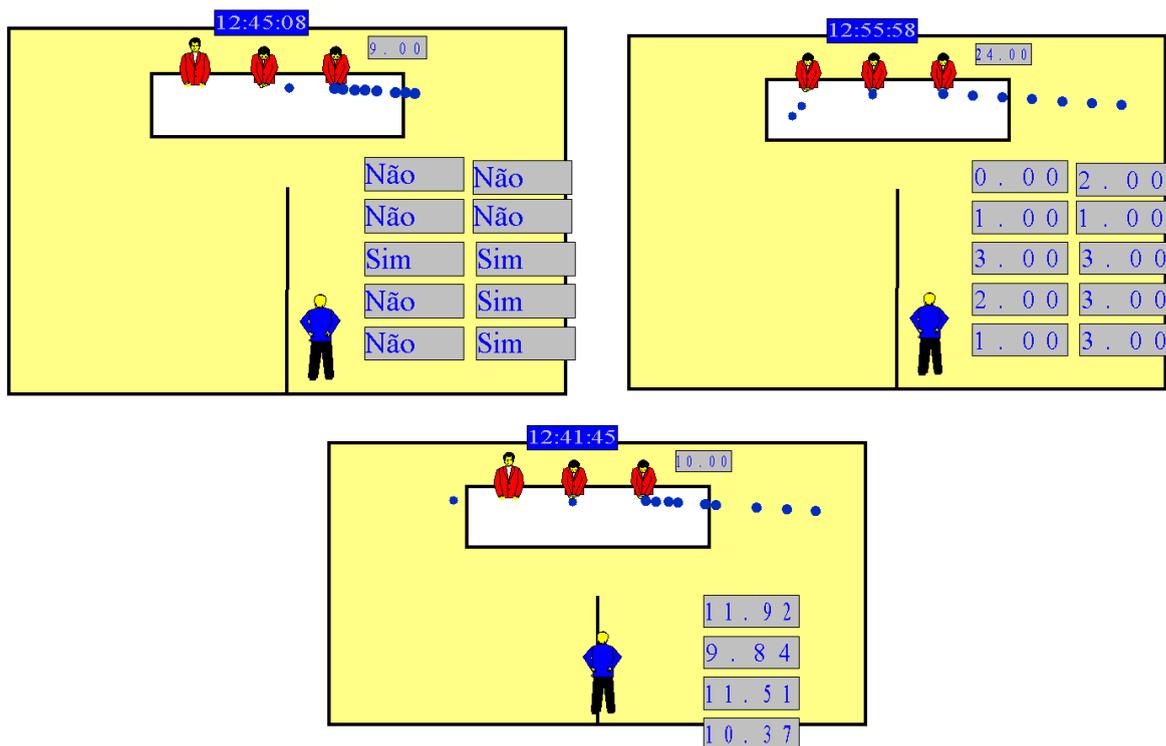


Figura 4 - Resultado da inspeção dos 3 tipos de cartas de controle: a) NP; b) C e c) X-R

Os resultados apresentados da inspeção podem ser configurados de forma que se assemelham a comportamentos de processos reais, e modificados de acordo com o cenário/situação a ser representado na proposta didática.

Para o desenvolvimento do modelo, além da interface, foi necessário a construção da sua lógica. O ARENA utiliza-se de blocos padrão, que facilitam a modelagem de sistema de manufatura. O desenvolvimento desse modelo em específico pode ser dividido em duas partes. Primeiramente, na Figura 5 tem-se a representação do fluxo geral das peças do início do processo até chegarem à expedição ou serem encaminhados para a inspeção, na linguagem do Arena®. A ideia geral desta parte do modelo é separar as peças: a cada conjunto de 60 peças, 10 são encaminhados para a inspeção, no formato de uma amostra.

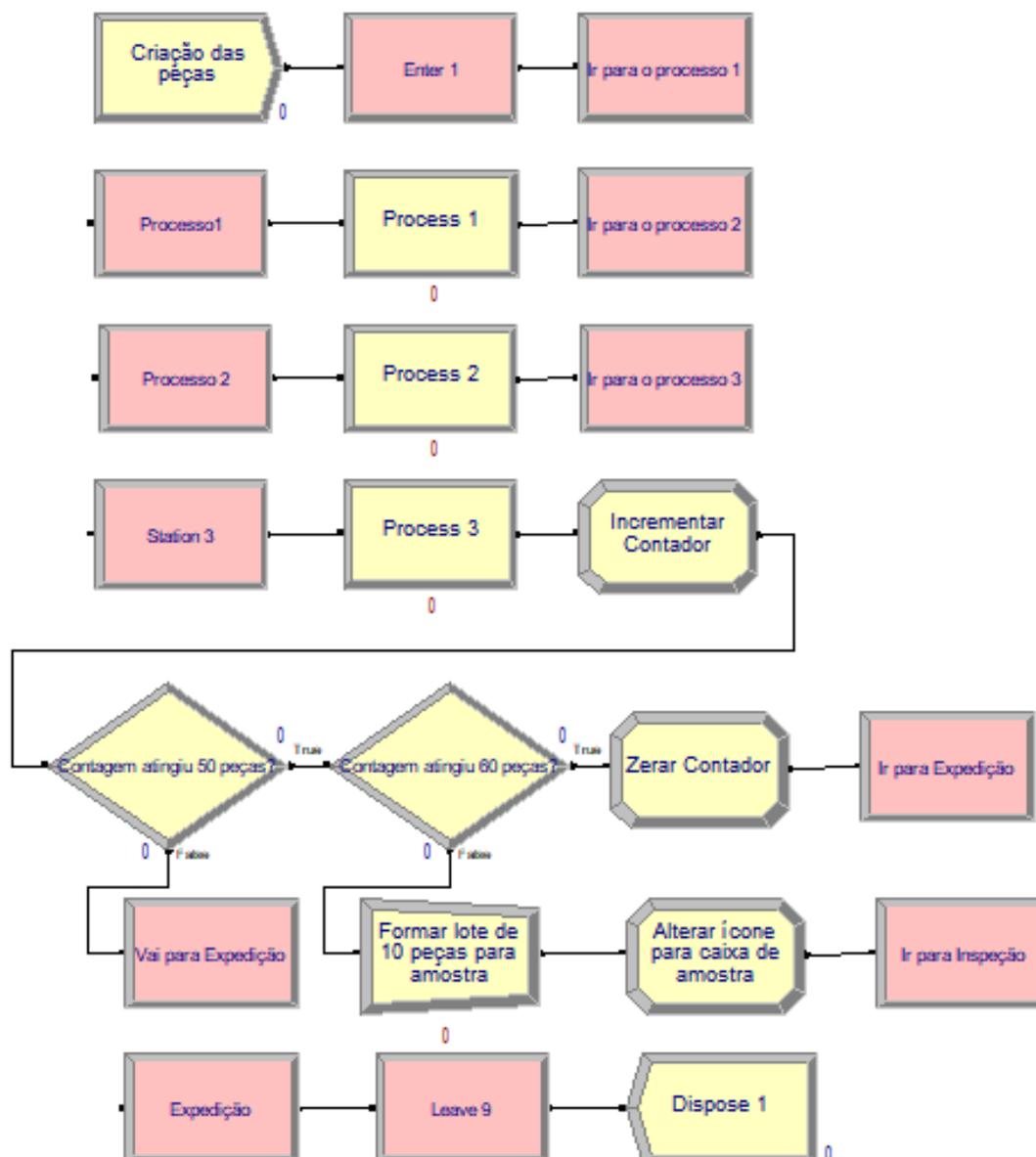


Figura 5 - Fluxo geral das peças do início do processo até chegarem à expedição ou irem para a inspeção.

A inspeção, por sua vez, está representada na Figura 6. Ao receber o lote de 10 peças, é emitido um sinal para liberar amostras já analisadas. Então, o lote é separado, o ícone do produto antes da formação do lote é restaurado, um bloco gera um tempo gasto na análise da amostra e um conjunto de blocos definem ou a valor da variável contínua, no caso do gráfico X-R, ou se há conformidade ou não, nos gráficos de atributo. Neste último, o defeito é gerado por um sorteio com probabilidade definida. Por fim as peças são “seguradas” para que os resultados permaneçam no contador até que o sinal do início as libere.

Na dinâmica proposta, em alguns momentos o processo estará sob controle e em outros fora de controle. É na parte de definição dos resultados que essa

definição ocorre, por meio da alteração do percentual de defeitos nos gráficos por atributo, e da média ou desvio padrão, nos gráficos por variáveis.

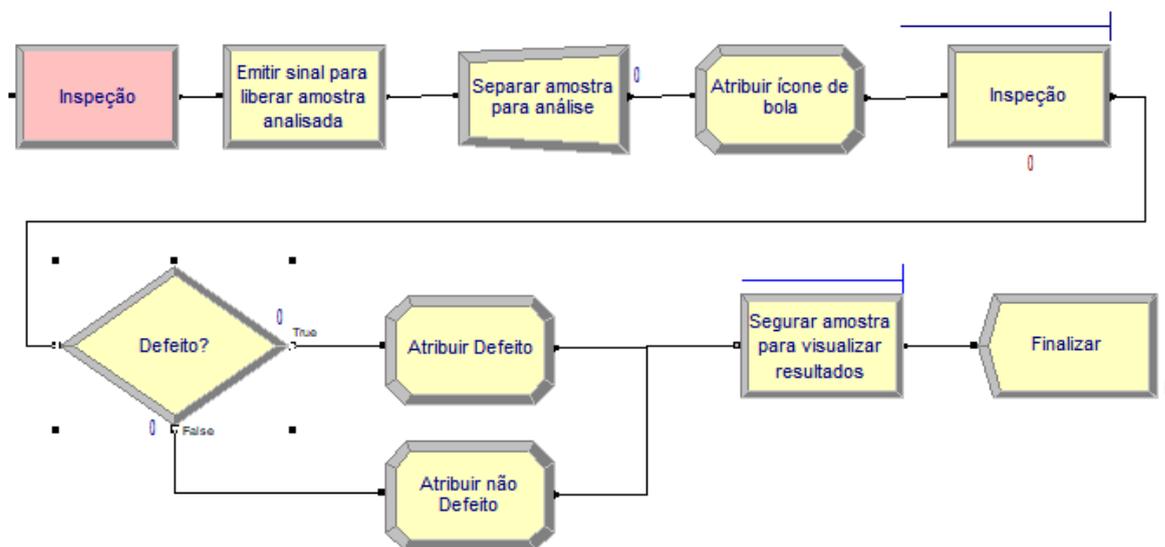


Figura 6 - Modelo da etapa de inspeção

4.2 Proposta didática

O desenvolvimento do modelo de simulação visava atender uma concepção de proposta didática, em que os alunos pudessem, por meio de uma tecnologia de visualização, ter maior proximidade com a aplicação prática da ferramenta de Controle Estatístico de Processo. Dessa forma, uma representação da proposta é apresentada pela Figura 7.

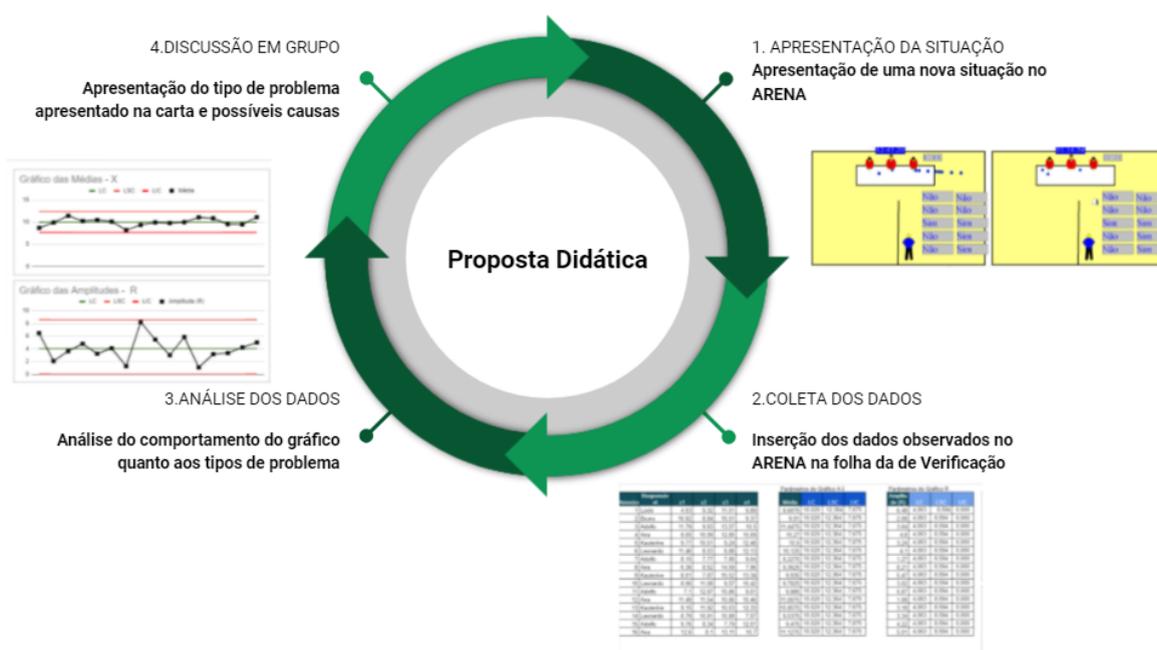


Figura 7 - Proposta didática

A proposta consiste em ciclos compostos por 4 etapas. Cada ciclo representa uma situação diferente de processo e diferentes tipos de inspeção, que ocasionarão na construção de diferentes tipos de carta (X-R, NP e C), e em momentos em que o processo está sob controle e fora de controle). Os cenários apresentados nesta proposta estão detalhados na Tabela 1.

Cenário	Carta	Situação	Problema no Gráfico
1	X-R	Sob Controle	
2	X-R	Fora de Controle	Alteração da variação do Processo
3	NP	Sob Controle	
4	NP	Fora de Controle	Alteração Instantânea da Média do Processo
5	C	Sob Controle	
6	C	Fora de Controle	Alteração Gradual da Média do Processo

Tabela 1- Cenário de processo desenvolvidos

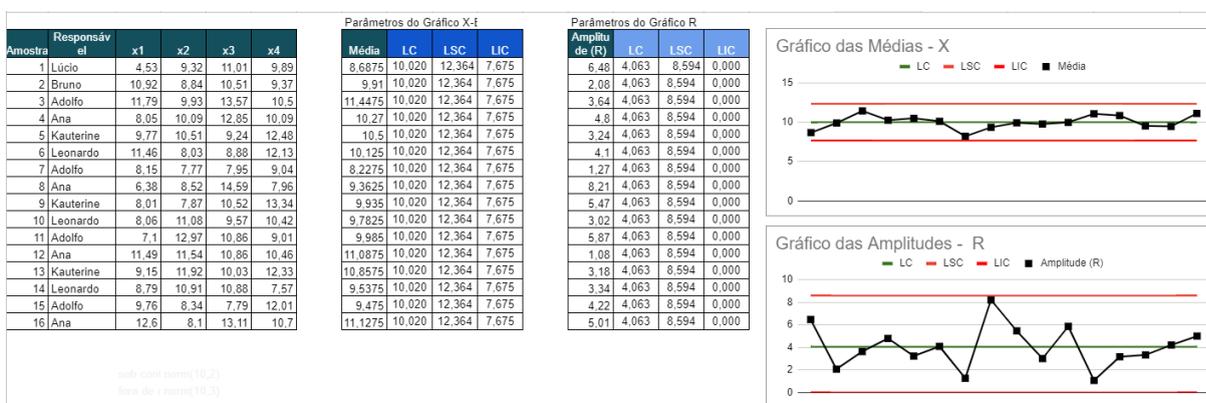
Deve-se disponibilizar para os alunos uma folha de verificação (uma espécie de formulário utilizado para a coleta de dados no em chão de fábrica), utilizando-se de uma planilha eletrônica. Em cada ciclo é apresentada uma nova situação na interface do software ARENA, no qual os alunos desempenham um papel semelhante ao de um inspetor, que coleta os dados da avaliação dos produtos. Isso facilita o entendimento do uso de cada carta de controle ao tipo de inspeção utilizado.

Assim, na segunda etapa de cada ciclo, deve-se solicitar aos alunos acompanhem a simulação do processo produtivo desenvolvido, e realizem a coleta dos dados apresentados, inserindo-os na planilha, conforme a retirada das amostras apresentadas na simulação. A medida que os dados são inseridos na folha de verificação, configurou-se um gráfico, que a partir dos dados inseridos pelas coletas dos alunos, calculava os valores da linha central (LC) e dos limites superior e inferior de controle (LSC e LIC). Na Figura 7 consta o modelo de gráfico.

Assim, na proposta desenvolvida, a ideia principal é o entendimento do processo de construção das cartas e sua interpretação. Dessa forma, desenvolveu-se algumas situações diferentes no processo produtivo (alterando parâmetros da simulação), de forma a gerar configurações diferentes nas cartas de controle. Inicialmente, simula-se um contexto com o processo classificado como “sob controle”, informando tal condição aos estudantes. Feito isso, nas simulações seguintes, deve ser alterada a condição do modelo, simulando situações “fora de controle”, objetivando que os estudantes constatem por si, analisando a inserção de dados no gráfico.

Os alunos devem ser convidados a analisar as cartas, identificar possíveis não conformidades nos resultados (há diferentes tipos de comportamentos que indicam um processo fora de controle). Algumas das representações das situações utilizadas são apresentadas na Figura 7. Na (a) apresenta um processo sob controle, já no (b) aparece uma situação em que o processo está fora de controle, com pontos fora do limite de especificação.

(a)



(b)



Figura 7 - Dados e Gráficos gerados na proposta

Por fim, na 4ª fase do ciclo, deseja-se inferir sobre possíveis causas, de acordo com o conteúdo de controle estatístico de processos (na literatura e na prática, é possível associar alguns comportamentos dos gráficos com possíveis causas, como troca de turnos de operadores ou desgaste da máquina). Assim os resultados da análise devem ser discutidos nesse último momento entre os alunos da turma.

Após a conclusão do ciclo, um novo é iniciado com a apresentação de uma nova situação no contexto de simulação.

4.3 Aplicação e Avaliação da Proposta

A proposta didática foi aplicada na disciplina de Engenharia da Qualidade,

da 5ª fase do Curso de Engenharia de Produção do IFSC Câmpus Caçador. Dentre os conteúdos apresentados na ementa da disciplina, têm-se a de “Introdução ao controle Estatístico de Processos”. É importante salientar que o processo ocorreu durante o período de ensino remoto. No planejamento do uso da simulação, nesse contexto, utilizou-se de uma plataforma de webconferência, na qual o modelo do sistema produtivo foi projetado para os alunos da turma. A utilização por meio de uma planilha eletrônica, na ferramenta “planilhas google”, facilitou a realização da proposta em regime remoto.

Ao fim da realização da dinâmica proposta, objetivou-se capturar a percepção dos alunos quanto aos resultados esperados, diante ao problema apresentado da aproximação de um contexto similar ao prático. Aos alunos foram realizados três questionamentos:

- A proposta permitiu a possibilidade de experimentação de um processo de coleta de dados?
- A proposta pedagógica contribuiu com a aprendizagem sobre a interpretação dos gráficos de controle?
- A proposta permitiu uma aprendizagem mais contextualizada com a realidade?

Como resposta dos alunos participantes, houve a concordância nos 3 questionamentos, pontuando e destacando a abordagem como mais interessante para o entendimento do conteúdo, do que a abordagem tradicional, em que as atividades são realizadas a partir de um banco de dados pré-estabelecido.

Este resultado corrobora a conclusão de Silva *et al.* (2016), a qual considerou que o uso de dinâmicas ou jogos possibilitou promover a junção de aprendizagem e satisfação, uma vez que além do estímulo lúdico, houve também a prática de conceitos apreendidos de forma teórica.

Além disso, sob o ponto de vista dos docentes que aplicaram a proposta, essa mostrou-se de fácil aplicação em sala de aula, podendo ser aplicada tanto em contexto presencial (utilizando computadores, ou até mesmo utilizando templates em papel, para a coleta de dados e construção dos gráficos), tanto em contexto remoto, como foi realizado nessa avaliação proposta no trabalho.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nesta intervenção, desenvolveu-se modelos a partir do *software* Arena[®], para realização de interações simuladas envolvendo a aplicação de conteúdos de Controle Estatístico do Processo em sistemas produtivos.

O objetivo foi o de trazer uma visão prática de tais saberes, facilitando e motivando o aprendiz. Para avaliar se o objetivo foi atingido, ao final da intervenção proposta, aplicou-se um questionário para a turma, o qual demonstrou que a dinâmica foi exitosa quanto: 1) a possibilidade de experimentação de um processo de coleta de dados; 2) ao aprendizado gerado sobre a interpretação dos gráficos de controle; 3) a propiciação de um aprendizado mais contextualizado com a realidade.

Ressalta-se que a dinâmica proposta foi avaliada por meio da aplicação em um contexto não presencial, mas poderia ser aplicada no ensino presencial ou híbrido.

Como limitação da pesquisa destaca-se o baixo número de participantes da dinâmica, o que dificultou a avaliação da dinâmica realizada. Como trabalhos futuros, pode-se ampliar a aplicação da ferramenta desenvolvida, buscando a percepção de novos alunos e professores. Além disso, novos contextos de ensino para utilização de ferramentas de simulação como Arena[®] para conteúdos de Engenharia de Produção podem ser elaborados e testados.

REFERÊNCIAS

- ABRÃO, O. J.; CARDOSO, A. A. Utilização do controle estatístico de processo atrelado às ferramentas da qualidade no monitoramento do peso das embalagens do produto final: um estudo de caso em uma indústria química. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 9, p. 65241-65257, 2020.
- DE ARAUJO, R. M.; DE ASSIS RANGEL, J. J. Modelo de Simulação no Auxílio ao Ensino de Circuitos Elétricos Simples para Aulas em Cursos Técnicos, 2016.
- BELHOT, R. V.; FIGUEIREDO, Reginaldo S.; MALAVÉ, Cesar O. O uso da simulação no ensino de engenharia. In: **Congresso Brasileiro de Ensino de Engenharia, XXIX COBENGE**. sn, 2001. p. 445-451.
- DEPEXE, M. D. Simulação com jogos de montar: um instrumento de ensino para o planejamento e programação de obras. **Engevista**, Niterói, Universidade Federal Fluminense, v. 12, n. 2, p. 108-116, dez. 2010
- COELHO, L. C.; FOLLMANN, N.; RODRIGUEZ, C. M. T. O impacto do compartilhamento de informações na redução do efeito chicote na cadeia de abastecimento. **Gestão & Produção**, v. 16, n. 4, p. 571-583, 2009.
- GIL, A. C. Como classificar as pesquisas. **Como elaborar projetos de pesquisa**, v. 4, p. 44-45, 2002.
- JORDÃO, R. S. A pesquisa-ação na formação inicial de professores: elementos para a reflexão. **GT: Formação de Professores**, n. 08, p. 03, 2004
- .
- KELTON, W. D.; SADOWSKI, R.I P.; ZUPICK, N. B. **Simulation with Arena**. 2015
- LEWIN, K. Action research and minority problems. **Journal of social issues**, v. 2, n. 4, p. 34-46, 1946.
- MORAN, J. M. A contribuição das tecnologias para uma educação inovadora. **Contrapontos**. v.4, n.2. p.347-356. Itajaí, maio/ago 2004.

O'CONNOR, K. A.; GREENE, H. C.; ANDERSON, P. J. Action Research: **A Tool for Improving Teacher Quality and Classroom Practice**. Online Submission, 2006.

ROBERTS, S. D.; PEGDEN, D. **The history of simulation modeling**. In: 2017 Winter Simulation Conference (WSC). IEEE, 2017. p. 308-323.

SILVA, L. M. F.; PINTO, Marcel de Gois; SUBRAMANIAN, Anand. **Utilizando o software Arena como ferramenta de apoio ao ensino em engenharia de produção**. XXVII ENEGEP. Florianópolis, 2007.

SILVA, R. R. L.; ZATTAR, I. C.; CLETO, M. G.; STEFANO, N. M. O uso de jogos e simulação como métodos alternativos de ensino em engenharia no Brasil: uma revisão bibliográfica. **Revista ESPACIOS**| Vol. 37 (Nº 05) Ano 2016, 2016. Disponível em: <<https://www.revistaespacios.com/a16v37n05/163705e3.html>> acesso em julho de 2021.

SORIANO, F. R.; OPRIME, P. C.; LIZARELLI, F. L. Os fatores que devem ser considerados para uma efetiva implantação do controle estatístico de processo (CEP): uma revisão de literatura. **Gepros: Gestão da Produção, Operações e Sistemas**, v. 15, n. 1, p. 71, 2020.

TRIPP, D. Pesquisa-ação: uma introdução metodológica. **Educação e pesquisa**, v. 31, p. 443-466, 2005.

TUBINO, D. F. **Planejamento e Controle da Produção—teoria e prática**. 2ª edição-São Paulo. 2009.