

Aprendizagem Baseada em Projetos e Simulação Computacional para o Ensino de Engenharia

Fernanda Gobbi de Boer Garbin
Unipampa
Bagé, Brasil
fernandagarbin@unipampa.edu.br

Adriana Justin Cerveira Kampff
PUCRS
Porto Alegre, Brasil
adriana.kampff@pucrs.br

RESUMO

As novas Diretrizes Curriculares Nacionais de Engenharia e as demandas do mundo do trabalho apresentam-se como desafios às Instituições de Ensino Superior, que precisam rever seus processos de ensino. Nesse contexto, identifica-se a necessidade de implementar uma abordagem metodológica para o desenvolvimento de competências em um curso de Engenharia de Produção em uma universidade pública, mais especificamente no componente curricular Simulação. A proposta tem como base a Aprendizagem Baseada em Projetos e o uso de um software de Simulação Computacional, os quais possibilitaram a aproximação dos estudantes a problemas reais e o desenvolvimento de competências para a Modelagem e Simulação. Foi utilizada a avaliação por Rubricas, cujos resultados indicam que os objetivos de aprendizagem foram atingidos. Ainda, observam-se relatos dos estudantes que avaliam a abordagem como uma oportunidade para praticar seus conhecimentos.

Palavras-chave

Aprendizagem baseada em projetos; engenharia; competências; modelagem; simulação computacional.

ACM Classification Keywords

Visualization techniques; visualization design and evaluation methods; Engineering; Education.

INTRODUÇÃO

São diversos os desafios apresentados à educação em Engenharia, com destaque à implementação das Diretrizes Curriculares Nacionais (DCNs), publicadas em 2019, cujo prazo encerra-se em 2022. De acordo com as DCNs, os cursos de engenharia precisam adotar o uso de metodologias ativas de ensino e tecnologias para o desenvolvimento de competências dos estudantes, superando o modelo de transmissão do conhecimento ainda presente.

Competência pode ser descrita como “intervenção eficaz nos diferentes âmbitos da vida, mediante ações nas quais mobilizam componentes atitudinais, procedimentais e conceituais de maneira inter-relacionada” [13]. Dessa forma, o desenvolvimento de competências no âmbito educacional envolve “agir de maneira eficiente diante de uma situação-problema” [14].

Entre as competências demandadas dos engenheiros, espera-se que desenvolvam uma visão holística e habilidades para a

pesquisa, também atuem de forma inovadora e empreendedora, atendendo às necessidades dos usuários de processos, produtos e serviços, além de preocuparem-se com a cidadania e a sustentabilidade [11]. Ainda, observa-se que, nas DCNs de 2019 para os cursos de Engenharia, passa-se a valorizar o desenvolvimento de competências pelos estudantes para o uso de Tecnologias da Informação e Comunicação (TICs). É preciso preparar as pessoas para atuarem com tecnologias inovadoras e os novos contextos de trabalho resultantes de suas influências, como a inteligência artificial, *big data*, robótica, impressão em 3D e simulação [12].

Diante do exposto, identifica-se a necessidade de implementar uma abordagem metodológica para o desenvolvimento de competências em um curso de Engenharia de Produção em uma universidade pública, mais especificamente no componente curricular Simulação. Essa teve como referência a Aprendizagem Baseada em Projetos, que pode ser definida como uma abordagem em que os estudantes analisam problemas reais e significativos, para os quais buscam soluções [2].

Tem-se como objetivo desse estudo avaliar a abordagem metodológica proposta, por meio da observação das competências desenvolvidas pelos estudantes. Para isso, faz-se o uso de rubricas, definidas como categorias de avaliação, para as quais são atribuídas escalas numéricas sequenciais, descritas conforme as qualidades esperadas a serem associadas a uma nota [11].

Este artigo está estruturado em seções, sendo que na introdução foi abordado o contexto de realização do estudo e seu objetivo; na seção seguinte apresenta-se o referencial teórico de Modelagem e Simulação Computacional, o qual subsidiou a elaboração da proposta; na sequência são descritos os procedimentos metodológicos; são apresentados os resultados; e então, tem-se as considerações finais.

MODELAGEM E SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL

Modelagem pode ser definida como “o processo de produzir um modelo”, que represente um sistema de interesse [9], sendo sistema um conjunto de partes que interagem para atingir um determinado objetivo [4]. Já a Simulação compreende a operação de um modelo, para a qual pode-se fazer uso de ferramentas computacionais [9].

A Modelagem e a Simulação Computacional são úteis em situações em que não é possível observar os sistemas reais, possibilitando a análise de soluções para a redução das chances de falha, a otimização de recursos e a melhora de performance dos sistemas [9]. No contexto educacional, essas estratégias podem facilitar o desenvolvimento de competências pelos estudantes, já que permitem a aproximação dos estudantes à prática, tendo como referências sistemas reais, porém, com menor complexidade e parâmetros controlados [3, 14]

Pode-se utilizar a simulação em cursos de Engenharia com os seguintes propósitos: para aprender a arte de modelar, seus princípios e linguagens; para adquirir conhecimento sobre um objeto ou sistema; e para aprender sobre um determinado tema a partir da interação com modelos. Além de ser uma estratégia para o ensino e a aprendizagem, observa-se que há uma demanda do mundo do trabalho por profissionais qualificados no uso de tecnologias para Modelagem e Simulação [7].

Este artigo aborda junto aos estudantes a Modelagem e a Simulação de Eventos Discretos, que, levam em consideração “as mudanças do estado de um sistema ao longo do tempo”, ocasionadas por eventos. Entre os exemplos de aplicação apresentados pelos autores estão os processos de atendimento em aeroportos, bancos, centrais de atendimento e hospitais, além dos processos de manufatura [4].

Uma sequência de nove etapas constitui o método de Modelagem e Simulação Computacional: definição do problema e estabelecimento dos objetivos; formulação e planejamento do Modelo Conceitual; coleta de dados; desenvolvimento do Modelo Computacional; verificação; validação; experimentação; análise dos resultados e apresentação; implementação das soluções [5].

Para a realização das etapas descritas, competências devem ser desenvolvidas pelos estudantes, entre as quais destaca: identificar e resolver problemas, gerir dados e informações, analisar sistemas criticamente, conhecer e utilizar softwares de simulação e computadores, planejar e executar experimentos, comunicar os resultados de um projeto [6].

Com base no referencial apresentado, propõe-se uma abordagem metodológica para o desenvolvimento de competências pelos estudantes, o qual foi avaliado de acordo com os procedimentos apresentados na seção a seguir.

PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

O presente estudo foi desenvolvido no contexto do componente curricular Simulação, ofertado ao curso de graduação de Engenharia de Produção de uma Universidade Federal, alocado no nono semestre da grade curricular. O método de avaliação foi constituído por uma prova e por um projeto, objeto de análise neste artigo. Quatorze projetos desenvolvidos por trinta e quatro estudantes foram avaliados entre os anos 2021 e 2022, em três períodos letivos diferentes.

A pesquisa tem abordagem qualitativa, com o uso de rubricas como método de avaliação das competências desenvolvidas pelos estudantes. As rubricas contêm três elementos essenciais: critérios de avaliação, definições de qualidade e indicadores. Os critérios de avaliação definem o que será avaliado; as definições de qualidade explicitam o desempenho dos estudantes, podendo ser qualitativas (por exemplo, suficiente ou insuficiente) ou quantitativas (notas); e os indicadores permitem comparar os resultados esperados aos obtidos [8]

Onze rubricas foram observadas em quatro níveis, com pontuação de zero (0) a três (3), sendo zero a inexistência da mesma, três seu atingimento total, e os níveis intermediários representando o desenvolvimento parcial. As rubricas e respectivas competências avaliadas são apresentadas a seguir:

- **Formulação do problema:** O estudante descreve o sistema em estudo e seu contexto, identifica o problema a ser solucionado, as hipóteses de solução e os indicadores de desempenho que serão avaliados.
- **Planejamento do Projeto:** O estudante define o escopo do projeto, identifica os envolvidos e os recursos necessários para a sua realização. Também identifica as atividades que serão executadas e seus prazos.
- **Caracterização do sistema em estudo:** O estudante identifica e descreve os elementos que compõem o sistema em estudo, como entradas, processos, saídas, filas, clientes, servidores e materiais.
- **Formulação do modelo conceitual:** O estudante desenvolve o modelo conceitual utilizando uma notação adequada ao escopo e técnicas específicas.
- **Coleta de dados:** O estudante identifica as variáveis do sistema em estudo e as fontes de dados, define estratégias de coleta e as realiza.
- **Tratamento de dados:** O estudante realiza o tratamento de dados (identificação de outliers e análise de correlação) e identifica as distribuições de probabilidade que os descrevem.
- **Formulação do modelo computacional:** O estudante formula o modelo computacional de forma correta, conforme o modelo conceitual, atendendo às necessidades do estudo.
- **Validação e verificação de modelos:** O estudante realiza a validação e verificação dos modelos (conceitual e computacional), atribuindo confiança ao estudo.
- **Projeto de experimentos:** O estudante planeja e roda o experimento de forma adequada e interpreta os resultados.
- **Identificação da solução:** O estudante apresenta os resultados da simulação, os analisa e apresenta uma solução, justificando tecnicamente sua decisão.
- **Documentação e apresentação dos resultados:** O relatório final contém todos os elementos exigidos: introdução,

metodologia, resultados e considerações finais, e atende às regras de formatação e ortografia.

Os resultados das avaliações são apresentados na seção seguinte.

APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

Inicia-se esta seção com a apresentação da proposta metodológica para o desenvolvimento de competências relacionadas à modelagem e simulação computacional. Na sequência, os resultados das avaliações dos projetos, em que o desenvolvimento das competências foi observado.

Proposta metodológica para o desenvolvimento de competências

Os períodos letivos foram organizados em aulas expositivas dialogadas e práticas, utilizando videoconferências e ambiente virtual de aprendizagem para interação com os estudantes. Na primeira aula síncrona foi apresentado o plano de ensino e a proposta de desenvolvimento dos projetos. Nas aulas seguintes fez-se a apresentação dos conteúdos e atividades práticas, conforme apresentado na Tabela 1.

Aulas	Conteúdo	Abordagem
1	Apresentação do plano de ensino e introdução à simulação computacional. Método de Simulação.	Aula expositiva dialogada
2	Projeto: Formulação do problema e planejamento do projeto.	Prática do projeto
3	Modelos conceituais.	Aula expositiva dialogada e exercícios
4	Projeto: Formulação no modelo conceitual e coleta de macro informações.	Prática do projeto
5	Projeto: orientações e avaliações das entregas parciais.	Apresentações e soluções de dúvidas
6	Análise e tratamento de dados.	Aula expositiva dialogada e exercícios
7	Construção de modelos para simulação computacional.	Aula expositiva dialogada e exercícios
8	Construção de modelos para simulação computacional.	Aula expositiva dialogada e exercícios
9	Projeto: coleta, análise e tratamento dos dados.	Prática do projeto

10	Projeto: construção dos modelos computacionais e simulação.	Prática do projeto
11	Projeto: orientações e avaliações das entregas parciais.	Apresentações e soluções de dúvidas
12	Verificação e validação dos modelos; Projeto de Experimentos.	Aula expositiva dialogada e exercícios
13	Projeto: verificação, validação e experimentação.	Prática do projeto
14	Projeto: orientações e avaliações das entregas parciais.	Apresentações e soluções de dúvidas
15	Projeto: entrega do resumo expandido	Avaliação

Tabela 1. Programa do componente curricular Simulação.

Os projetos foram desenvolvidos em uma das dez áreas de conhecimento da Engenharia de Produção, conforme a Associação Brasileira de Engenharia de Produção [1], e possibilitaram a aplicação da modelagem e da simulação computacional. Os escopos foram definidos pelos estudantes, organizados em grupos contendo dois a quatro integrantes, e as etapas foram desenvolvidas gradualmente, conforme o conteúdo foi abordado no componente curricular.

Doze sistemas diferentes foram objetos de estudo por meio dos projetos, com destaque para Cooperativa de Crédito e Padaria, com dois trabalhos cada. Os demais são: Call Center, Cooperativa de Medicamentos, Complexo Portuário, Fábrica de Produtos de Limpeza, Fábrica de Ração para Bovinos, Farmácia, Restaurante Universitário, Secretaria de Assistência Social Municipal, Supermercado e Usina Termoeletrica.

Entre os objetivos dos projetos, tem-se o dimensionamento de equipes de atendimento, a análise de produtividade e a identificação de gargalos. A modelagem e a simulação computacional permitiram experimentar alternativas para alocação de recursos e aquisição de novos equipamentos, sem interferir nos sistemas reais. Para isso, foi utilizado o software Arena® em sua versão gratuita, cuja interface permite a construção de fluxogramas que representam os sistemas em estudo em uma notação comumente utilizada pelos engenheiros de produção. Por meio do software também é possível realizar a análise estatística para identificação das distribuições de probabilidade de se ajustam aos dados coletados, sendo essas informações necessárias para simulação.

Por exemplo, um dos trabalhos teve como escopo o processo de atendimento aos clientes por telefone em uma cooperativa de crédito, com o objetivo de avaliar se o número de

funcionários é adequado à demanda. A Figura 1 apresenta o modelo computacional construído no Arena®, em que as ligações são direcionadas a três atendentes, ou encerradas quando o cliente não dá prosseguimento à solicitação. Por meio da simulação, foi possível experimentar diferentes alocações de responsabilidades e definir o melhor dimensionamento da equipe, sem interferir no sistema real.

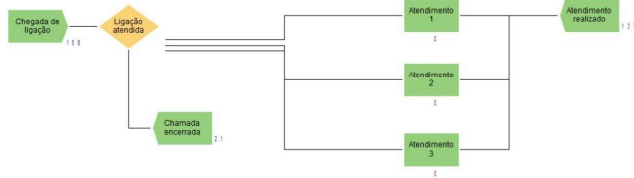


Figura 1. Modelo Computacional construído no software Arena®

Os projetos foram desenvolvidos de acordo com as etapas para modelagem e simulação, apresentadas no referencial teórico. Dessa forma, os estudantes visitaram os sistemas mencionados anteriormente para identificação de problemas e oportunidades e coleta de informações. Os desenvolvimentos dos projetos foram acompanhados por meio de entregas parciais dos resultados preliminares e encontros síncronos para orientação das atividades.

Após as entregas parciais, os estudantes recebiam por escrito um parecer indicando correções e oportunidades de melhoria. Já nos encontros de orientação, além do auxílio da professora responsável, os estudantes compartilharam entre si suas experiências. No final do período, redigiram um resumo expandido, avaliado conforme as rubricas apresentadas na seção anterior. Os resultados das avaliações são apresentados a seguir.

Resultados das avaliações

Na Figura 1 são apresentadas as avaliações dos projetos, conforme as pontuações 0, 1, 2 e 3, sendo 0 a pontuação mínima e 3 a máxima.

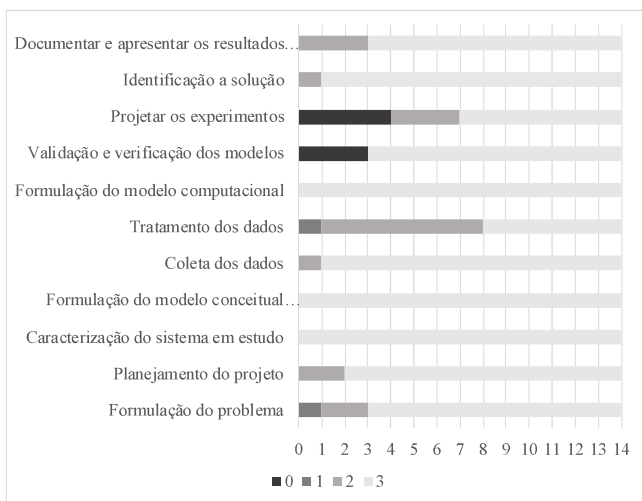


Figura 2. Avaliações dos projetos conforme rubricas.

Observa-se que três rubricas receberam pontuação máxima em todos os projetos: caracterização do sistema em estudo, formulação do modelo conceitual e formulação do modelo computacional; apenas quatro projetos receberam pontuação zero, situação restrita a duas rubricas: validação e verificação dos modelos e projeto de experimentos; e sete rubricas tiveram apenas pontuações 2 e 3.

Em notas de zero (0) a dez (10), a média dos projetos foi de 9,1 e desvio padrão de 0,8; a menor nota foi 7,5 e a maior nota 10,0; 64% dos trabalhos foram avaliados com notas superiores a 9,0. Dessa forma, pode-se considerar que os projetos possibilitaram o desenvolvimento e a observação das competências avaliadas.

Além das avaliações formais, os estudantes avaliaram o projeto como uma oportunidade para exercitar os conhecimentos estudados e aproximá-los à prática profissional. Um dos grupos escreveu em seu resumo expandido que "alguns conceitos se tornaram mais tangíveis na prática, pois são compreendidos de forma mais clara quando vivenciados em uma situação real". Também relataram que a modelagem e a simulação computacional facilitaram a resolução dos problemas inicialmente identificados. Entre as considerações descritas nos resumos tem-se que "a utilização do software de simulação permitiu a geração de cenários próximos à realidade".

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Uma abordagem metodológica para o desenvolvimento de competências foi apresentada, tendo como base a ABP e a Simulação Computacional. Essa foi avaliada por meio de Rubricas, sendo possível observar que os objetivos de aprendizagem foram atingidos.

A ABP oportunizou o contato dos estudantes com problemas reais, de modo que para solucioná-los precisaram mobilizar conhecimentos, habilidades e atitudes. Já a Simulação Computacional possibilitou a observação e experimentação sem a interferência nos sistemas reais, incentivando o aprendizado em um ambiente seguro e sob orientação da professora.

Como principal contribuição do estudo, tem-se a apresentação de uma alternativa para o desenvolvimento de competências de estudantes de engenharia, que integra uma metodologia de ensino ativa e o uso de tecnologia computacional. Para estudos futuros, sugere-se a avaliação da proposta em outros componentes curriculares.

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

REFERÊNCIAS

1. Associação Brasileira de Engenharia de Produção. A Profissão. 2018. Acesso em 09 de setembro de 2022. Disponível em: <http://portal.abepro.org.br/a-profissao/>.
2. William N. Bender. 2014. *Aprendizagem Baseada em Projetos: educação diferenciada para o século XXI*. Penso.
3. Olga Chernikova, Nicole Heitzmann, Matthias Stadler, Doris Holzberger, Tina Seidel, Frank Fischer. 2020. Simulation-Based Learning in Higher Education: a Meta-Analysis. *Review of Educational Research* 20, 10: 499-541.
4. Leonardo Chwif, Afonso C. Medina. 2015. *Modelagem e Simulação de Eventos Discretos: teoria e aplicações*. Elsevier.
5. Charles R. Harrel, Jack R. A. Mott, Robert E. Bateman, Royce G. Bowden, Thomas J. Gogg. 2022. *Simulação: otimizando os sistemas*. Instituto IMAM.
6. Alejandra J. Magana. 2017. Modeling and Simulation in Engineering Education: a learning progression. *Journal of Professional Issues in Engineering Education and Practice* 143, 4: 1-19.
7. Alejandra J. Magana. Ton de Jong. 2018. Modeling and Simulation Practices in Engineering Education. *Computer Applications in Engineering Education* 26, 4: p. 731-738.
8. Ana Paula do Carmo Marcheti. 2020. Rubricas: um importante instrumento para correção de desempenho discente. *Revista Eletrônica Científica Ensino Interdisciplinar* 6, 16: 58-76.
9. Anu Maria. 1997. Introduction to Modeling and Simulation. In *29th Conference on Winter Simulation*, 7-13.
10. Vanderli Fava de Oliveira. 2019. Evolução da organização do curso de Engenharia no Brasil. In *Engenharia e as Novas DCNs*, Vanderli Fava de Oliveira (eds). LTC, Rio de Janeiro, BR, 198-218.
11. Gérard Scallon. 2015. *Avaliação da Aprendizagem numa Abordagem por Competências*. PUCPress.
12. World Economic Forum. 2020. The Future of Jobs. Acesso em 09 de setembro de 2022. Disponível em: <https://www.weforum.org/reports/the-future-of-jobs-report-2020>.
13. Antoni Zabala, Laia Arnau. 2010. *Como aprender e ensinar competências*. Artmed.
14. Antoni Zabala, Laia Arnau. 2020. *Métodos para Ensinar Competências*. Penso.