

DESENVOLVIMENTO DE UM MODELO DIDÁTICO DE MOTOR DE COMBUSTÃO

DIDACTIC MODEL DEVELOPMENT OF A COMBUSTION ENGINE

DESARROLLO DE UN MODELO DIDÁCTICO DE MOTOR DE COMBUSTIÓN

Douglas Dias Freitas¹
Francielly Elizabeth de Castro Silva²

Grupo de trabalho: Grupo de Gestão em Inovação e Sustentabilidade da UNINTER – GGIS/UNINTER, Educação para Engenharias

Resumo

Para atrelar o conhecimento adquirido em sala de aula à prática profissional, as universidades progressivamente empregam metodologia que usa PBL (*Project Based Learning*), a aprendizagem baseada em projetos, em suas práticas de ensino. Na proposta de PBL apresentada neste artigo, o desafio para os alunos é combinar habilidades de Engenharia Mecânica e de Produção em um modelo didático de motor de combustão, projeto idealizado com ferramentas disponíveis no Centro Universitário Internacional — Uninter. Utilizou-se o *software Inventor* para a modelagem das peças, na disciplina “Projeto Assistido por Computador”. Após a modelagem, o aluno deve confeccionar as peças em máquinas como torno mecânico e fresadora convencionais, impressora 3D, etc. Além disso, o estudante recorrerá ao que aprendeu em metrologia ao usar o paquímetro para garantir os dimensionais das peças conforme os desenhos, em uma verificação técnica para avaliar necessidades de modificação durante o processo de fabricação. Esta pesquisa dedicou-se ao projeto e à fabricação dos componentes do motor, excetuando a carcaça de acrílico via corte a laser e o sistema de transmissão polia/correia. Com esta etapa concluída, o aluno terá que montar o motor, circunstância em que perceberá os problemas em sua modelagem inicial e deverá fazer ajuste para que tudo funcione adequadamente no motor didático e dinâmico. Ao fazer assim, aprimorará suas habilidades e competências através do PBL e estará mais preparado para o mercado de trabalho, capacitado para contornar problemas de engenharia.

Palavras-chave: motor didático; PBL; prática; engenharia.

Abstract

To tie classroom knowledge to professional practice, universities progressively employ methodology that uses PBL (Project-Based Learning) in their teaching practices. In the PBL proposal presented in this article, the challenge for the students is to combine Mechanical and Production Engineering skills producing a didactic model of a combustion engine, a project idealized with tools available at the Centro Universitário Internacional — Uninter. Software Inventor was used for modeling the parts, in the discipline “Computer Aided Design”. After this, the student must manufacture the components in machines such as conventional lathe and milling machine, 3D printer, etc. In addition, the student will draw on what he has learned in metrology by using the caliper to ensure parts’ dimensions according to the drawings, in a technical check to assess modification needs during the manufacturing process. This research was dedicated to design and manufacturing engine components, except for

¹ Estudante do curso de Engenharia de Produção no Centro Universitário Internacional UNINTER

² Professora da UNINTER - Orientadora

the acrylic housing via laser cutting and the pulley/belt transmission system. With this step completed, the student will have to assemble the motor, in which case he will notice the problems in its initial modeling and will have to adjust so that everything works properly in the didactic and dynamic motor. By doing so, he will improve his skills and competencies through PBL and will be better prepared for the job market, to be able to work around engineering problems.

Palavras-chave: teaching engine; PBL; practice; engineering.

Resumen

Para vincular los conocimientos adquiridos en el aula con la práctica profesional, las universidades emplean progresivamente metodologías que utilizan PBL (*Project Based Learning*), aprendizaje basado en proyectos, en sus prácticas docentes. En la propuesta de PBL presentada en este artículo, los estudiantes tienen que combinar habilidades de Ingeniería Mecánica y de Producción en una maqueta didáctica de un motor de combustión, proyecto concebido con herramientas disponibles en el Centro Universitario Internacional — Uninter. Para el modelado de las piezas se utilizó el software *Inventor*, en la disciplina “Diseño Asistido por Computador”. Tras el modelado, el alumno deberá fabricar las piezas en máquinas como tornos y fresadoras convencionales, impresoras 3D, entre otros. Además, el alumno recurrirá a lo aprendido en metrología al utilizar el calibre para garantizar las dimensiones de las piezas según los planos, en una verificación técnica para evaluar las necesidades de modificación durante el proceso de fabricación. Esta investigación se dedicó al diseño y fabricación de los componentes del motor, a excepción de la carcasa de acrílico mediante corte por láser y el sistema de transmisión polea/correa. Cumplido este paso, el alumno deberá montar el motor, circunstancia en la que notará los problemas en su modelado inicial y deberá realizar ajustes para que todo funcione correctamente en el motor didáctico y dinámico. Al hacerlo, mejorará sus habilidades y competencias a través de PBL y estará más preparado para el mercado laboral, capacitado para resolver problemas de ingeniería.

Palabras-clave: motor didáctico; PBL; práctica; ingeniería.

Introdução

As instituições de ensino superior se dedicam a proporcionar aos seus alunos um ambiente educacional que concilie conhecimentos teóricos e situações práticas. Desta forma, o aluno pode desenvolver suas habilidades e competências mais solidamente para os desafios de suas carreiras profissionais. Considerando o aluno de engenharia, é necessário inserir situações práticas em que precise desenvolver um projeto/produto, concebê-lo fisicamente através de processos de fabricação e analisá-lo através de ensaios/testes. Neste sentido, o PBL (*Project Based Learning*), aprendizagem baseada em projetos, tem sido aplicado como metodologia de ensino e aprendizagem construtivista, em que o aluno exerce uma postura ativa, constrói seu conhecimento através de experiências práticas (FRANK; LAVY; ELATA, 2003).

Os engenheiros formados na nova era da tecnologia são os profissionais da indústria 4.0, que levarão para o mercado toda a base de conhecimentos adquiridos durante suas vidas acadêmicas, com bagagem para compartilhar novas ideias em seu âmbito profissional. Para desenvolver tal repertório de conhecimentos, habilidades e competências, o objetivo deste estudo é produzir um PBL que dê ao aluno oportunidade para aplicar os conhecimentos

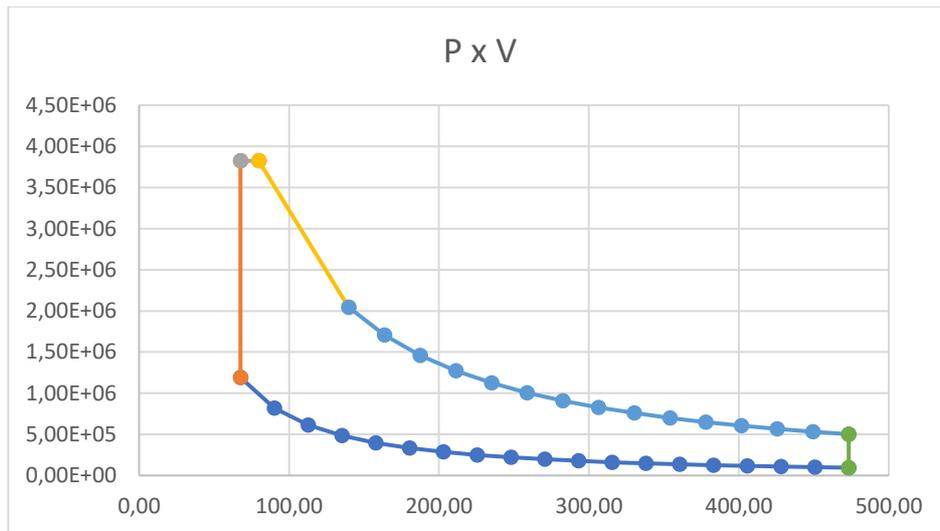
adquiridos em sala de aula em uma situação prática, que consiste no projeto e fabricação de um motor didático monocilíndrico de combustão. Neste PBL, o aluno fará modelos de peças com geometrias aproximadas a de componentes reais de veículos automotivos cotidianos. Além disso, o discente compreenderá, na prática, o funcionamento de um motor de combustão, aplicará seus conhecimentos de fabricação através da confecção dos componentes do motor utilizando as máquinas disponíveis na instituição e realizará a montagem do motor, processo que pode apresentar dificuldades por conta do sistema dinâmico fabricado pelo próprio aluno, o qual deve, com a “mão na massa”, enfrentar desafios do projeto, da fabricação e da montagem, assim como um engenheiro em seu dia a dia, a fim de atender normas e expectativas dos clientes.

Portanto, recapitulando, o presente projeto de pesquisa tem o objetivo de projetar um motor didático de combustão, fabricá-lo, montá-lo e viabilizá-lo como um PBL contínuo aplicado aos cursos de engenharia de produção e mecânica.

Metodologia

Para compreensão de um projeto de motor de ciclo Otto real, esta pesquisa se embasa na dissertação de Bruno (2008), que apresenta um descritivo de cálculos para projetar os principais componentes de um motor de combustão, considerando alguns parâmetros iniciais, como potência, rotação desejada, tipo de combustível e sistema de ventilação. Tal dissertação fundamentou, em 2020, a atual pesquisa, na qual se elaborou uma planilha de cálculos que resultou no Diagrama P x V (pressão por volume) da proposta de Bruno (2008), como mostra a Figura 1.

Figura 1: Diagrama P x V



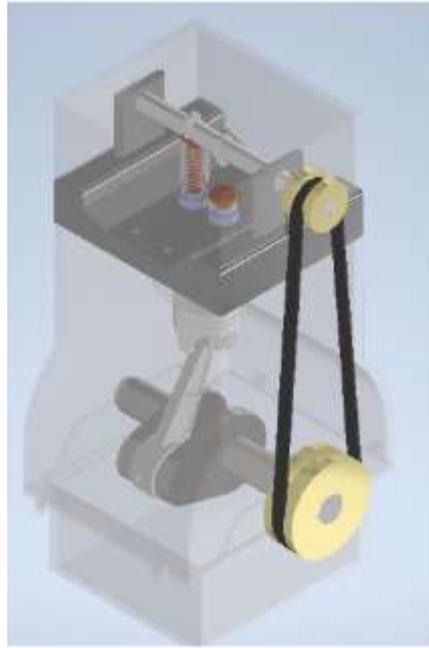
Fonte: os autores, 2020.

Em 2021, concluiu-se que a proposta de um motor real e funcional seria inviável tendo em vista as ferramentas de fabricação disponíveis. Por conseguinte, optou-se pelo projeto de um motor didático e dinâmico, com os mesmos mecanismos de um motor real, mas sem combustão real, bem como sem compressão, expansão e exaustão. Neste contexto, projetou-se o motor mostrado na Figura 2.

Em 2022, realizou-se análise técnica do motor projetado em 2021. Concluiu-se que algumas dimensões deveriam ser modificadas, o que exigiu um reprojeto do motor didático, algo muito recorrente na indústria em processos reais, quando clientes enviam determinado projeto à empresa para produção, mas uma análise técnica das equipes de engenharia de produto e de processo apontam a necessidade de ajustes das peças para funcionarem adequadamente e atenderem às necessidades do cliente.

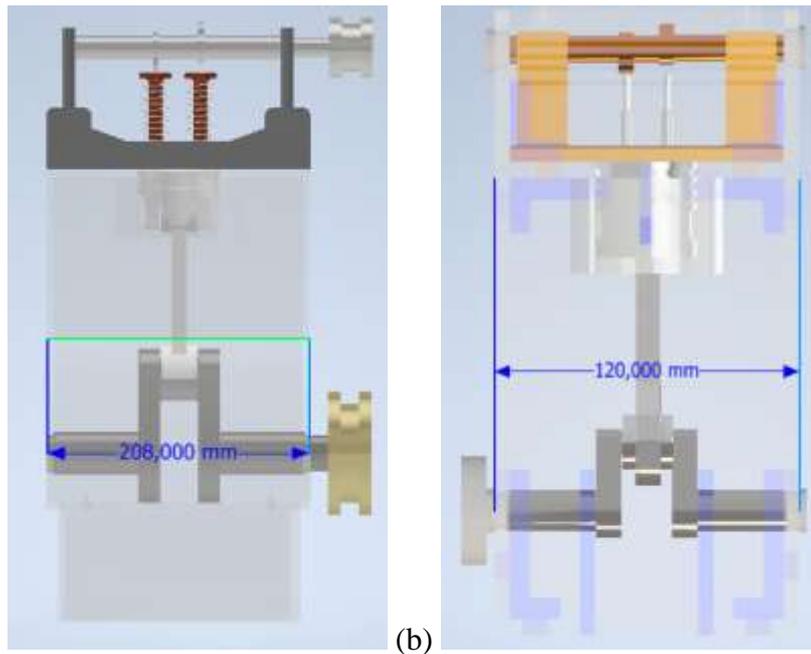
O motor do projeto precisou de alteração da altura de 490 mm para 230 mm, bem como da largura de 208 mm para 120 mm. Estas mudanças foram estrategicamente pensadas para confeccionar as peças nos laboratórios da Uninter, utilizando todo o ferramental disponível na instituição por um custo reduzido, pois dimensões maiores encareceriam a fabricação. Foi possível utilizar conhecimentos de processos produtivos e de engenharia econômica com foco em redução de custos nesta fase do PBL. A Figura 3 mostra o motor redimensionado.

Figura 2: motor didático projetado em 2021



Fonte: os autores, 2021.

Figura 3: motor redimensionado em 2022; (a) vista frontal e (b) vista lateral.



Fonte: os autores, 2022.

Após todo redimensionamento do motor, iniciou-se a fabricação de suas peças através das máquinas no laboratório de usinagem da Uninter, como torno e fresadora convencionais. Outras ferramentas também fizeram parte deste processo de fabricação, como serra, lima,

morsa, entre outras. Nesta fase, foi possível aplicar e agregar ainda mais conhecimentos com instrumentos de medição, como paquímetro, abordado na disciplina Metrologia.

Durante o estudo de viabilidade de fabricação das peças, observou-se que haveria dificuldade para fabricar o pistão, a biela e o suporte do comando de válvulas nas máquinas convencionais, pois essas peças possuem geometrias mais complexas. Portanto, considerou-se mais vantajoso e financeiramente mais conveniente, em termos de fabricação dessas peças, utilizar a impressora 3D disponível no laboratório de prototipagem da Uninter. Nesta fase do projeto e fabricação do motor foi possível adquirir um conhecimento além das máquinas convencionais de usinagem, usadas ainda hoje na indústria, e partir para um equipamento mais moderno empregado industrialmente na prototipagem. Esse tipo de tecnologia requer um conhecimento adicional, além da modelagem da peça, porquanto é preciso recorrer a *softwares* que geram os códigos para operação da impressora 3D, como o Cura, além de uma interface para comandar a impressora remotamente através do *OctoPrint*.

Resultados e discussão

Esta fase do projeto de pesquisa consistiu no redimensionamento do projeto do motor didático e sua fabricação, conforme mostrado na Figura 3. As peças foram usinadas em torno e fresadora convencionais, sendo 5 peças para o virabrequim, 3 para o pistão, 2 válvulas com 4 limitadores, 3 peças para o comando de válvulas e 4 buchas para os eixos, totalizando 21 peças. Além disso, quatro peças foram impressas na impressora 3D do laboratório de prototipagem, são elas: pistão, biela, encaixe da biela e suporte do comando de válvulas. A Figura 4 mostra as figuras fabricadas.

Figura 4: peças fabricadas do motor didático



Fonte: os autores, 2022.

Considerações finais

O presente estudo tem por objetivo apresentar um PBL através de um motor didático de combustão. A primeira etapa consistiu em compreender o funcionamento de um motor e o projeto de seus componentes. Na segunda, ocorreu a modelagem do motor didático através do *software Inventor*, a fim de desenvolver o aprendizado dos alunos, fazendo-os colocarem em prática os conhecimentos adquiridos em disciplinas como desenho técnico, pré-cálculo, geometria analítica, projeto assistido por computador, entre outras. Por fim, a terceira etapa, desenvolvida em 2022, consistiu na fabricação dos principais componentes do motor, como: virabrequim, componentes do pistão, válvulas, limitadores das válvulas, comando de válvulas e buchas para os eixos. Essas peças foram usinadas no laboratório de usinagem da Uninter. Além disso, quatro peças foram impressas em impressora 3D da instituição: pistão, biela, encaixe da biela e suporte do comando de válvulas. Os conhecimentos aplicados na terceira etapa referem-se às disciplinas desenho técnico, usinagem, metrologia e projeto de componentes mecânicos.

Com os principais componentes do motor fabricados, o próximo passo é fabricar as peças em acrílico referente ao bloco do motor, usinar as polias, providenciar a correia, montar o protótipo e desenvolver a parte eletrônica do motor, simulando seu funcionamento. Nesta última etapa será possível integrar conhecimentos de disciplinas como eletrônica e

programação, demonstrando ainda mais a grandeza deste projeto, que já envolveu diversos conhecimentos de engenharia.

Conclui-se que o PBL proposto é promissor no que diz respeito ao desenvolvimento das habilidades e competências dos alunos de engenharia de produção e mecânica, fazendo-os colocar em prática os conhecimentos adquiridos em sala de aula através da concepção do motor, projeto, fabricação, montagem e teste. Conseqüentemente, o aluno terá como produto final seu próprio motor, transformando seu aprendizado em algo sólido e palpável através de um modelo didático de um motor de combustão.

Referências

BRUNO, E. P. **Projeto de Um Motor 4 Tempos, a Gasolina e Monocilíndrico “Cálculo Termodinâmico, Desenho, Usinagem e Montagem da Parte Alternativa”**. 2008. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) — Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, Guaratinguetá, 2008.

FRANK, M.; LAVY, I.; ELATA, D. Implementating the Project-Based Learning Approach in na Academic Engineering Course. **International Journal of Technology and Design Education**, [S. l.], v. 13, p. 273-288, 2003.