

PROJECT-BASED LEARNING (PBL) APLICADO AOS CURSOS DE ENGENHARIA MECÂNICA E DE PRODUÇÃO

PROJECT-BASED LEARNING (PBL) APPLIED TO MECHANICAL AND PRODUCTION ENGINEERING COURSES

PROJECT-BASED LEARNING (PBL) APLICADO A LOS CURSOS DE INGENIERÍA MECÁNICA Y DE PRODUCCIÓN

Rafael Lemos Diniz¹
Lucas Santos de Oliveira²
Germano Romanowski Foltran³
Francielly Elizabeth de Castro Silva⁴

Resumo

Project-based learning (PBL) é uma metodologia de ensino que visa o aprendizado dinâmico dos alunos, por meio de projetos. Áreas como engenharia, medicina, física, entre outras, relatam o uso bem-sucedido do PBL. No âmbito da Engenharia Mecânica e de Produção, o motor à combustão interna é uma máquina que permite o desenvolvimento de saberes pertinentes aos cursos. Isto posto, o objetivo da pesquisa é projetar e construir um motor de ciclo Otto e empregá-lo como um PBL — para desenvolver as competências dos discentes. Quanto à metodologia, trata-se de uma revisão bibliográfica, que abrangeu projetos da área e conceitos da física para a construção de um motor. A partir da pesquisa de Bruno (2008), dimensionou-se o cilindro do motor, considerando: (a) o cálculo do seu volume, proveniente das ações termodinâmicas na câmara de combustão; (b) a biela, e as tensões atuantes nesse elemento; e (c) o cabeçote — o que resultou na altura ideal da câmara de combustão. Além do dimensionamento do motor e sua construção, outras etapas são necessárias para transformá-lo em um *Project-based learning*, como a definição das disciplinas e as atividades que serão desenvolvidas. Para o aprofundamento deste projeto, recomendam-se pesquisas futuras, para que o cálculo dos demais componentes seja realizado.

Palavras-chave: metodologia; aprendizagem; PBL; protótipo.

Abstract

Project-based learning (PBL) is a teaching methodology aimed at dynamic student learning through projects. Areas such as engineering, medicine, physics, among others, report the successful use of PBL. In the Mechanical and Production Engineering scope, an internal combustion engine is a machine that allows the development of knowledge relevant to the courses. Hence, the objective of the research is to design and build an Otto cycle engine and use it as a PBL — to develop the skills of students. Regarding methodology, this is a literature review, which covered projects in the area and physics concepts for constructing an engine. Based on Bruno's (2008) research, the engine cylinder was dimensioned, considering: (a) the calculation of its volume, resulting from thermodynamic actions in the combustion chamber; (b) the connecting rod, and the stresses acting on this element; (c) and the head — which resulted in the ideal height of the combustion chamber. In addition to dimensioning the engine and its construction, other steps are necessary to transform it into Project-based learning, such as defining the disciplines and activities that will be developed. To deepen this project, it is recommended, in future research, that the calculation of the other components be carried out.

Keywords: methodology; learning; PBL; prototype.

¹ Graduando em Física e Engenheiro Mecânico, Centro Universitário Internacional. E-mail: catedral_rafa20@hotmail.com.

² Graduando em Física e Engenheiro Mecânico, Centro Universitário Internacional. E-mail: lucassantosdeoliveira2020@gmail.com.

³ Graduando em engenharia de produção, Centro Universitário Internacional. E-mail: ger.foltran@gmail.com.

⁴ Doutora em Engenharia Mecânica, Centro Universitário Internacional. E-mail: francielly.s@uninter.com.

Resumen

Project-based learning (PBL) es una metodología que busca el aprendizaje dinámico de los alumnos, por medio de proyectos. Áreas como ingeniería, medicina, física, entre otras, relatan el uso exitoso del PBL. En el ámbito de la Ingeniería Mecánica y de Producción, el motor de combustión interna es una máquina que permite el desarrollo de saberes pertinentes a los cursos. Dicho eso, el objetivo de la investigación es diseñar y construir un motor de ciclo Otto y emplearlo como un PBL — para desarrollar las competencias de los estudiantes. Sobre la metodología, se trata de una revisión bibliográfica que incluyó proyectos de área y conceptos de física para la construcción de un motor. A partir de la investigación de Bruno (2008), se definió la dimensión del cilindro, tomándose en consideración: (a) el cálculo de su volumen, proveniente de las acciones termodinámicas en la cámara de combustión; (b) la biela, y las tensiones que actúan en ese elemento; y (c), el cabezote — que resultó en la altura ideal de la cámara de combustión. Además de dimensionar el motor y su construcción, otras etapas son necesarias para transformarlo en un *Project-based learning*, como la definición de las disciplinas y actividades a ser desarrolladas. Para profundizar ese proyecto, se recomiendan investigaciones futuras, para que el cálculo de los demás componentes se produzca.

Palabras-clave: metodología; aprendizaje; PBL; prototipo.

1 Introdução

Embora a engenharia seja considerada atuante, principalmente nas áreas exatas, ela vem desenvolvendo e exercendo habilidades transversais de comunicação, gestão de projetos, entre outras (SCHLICHTING *et al.*, 2016). O curso de engenharia pode, então, estimular estas habilidades a partir de projetos que exijam um planejamento direcionado das instituições, além da escolha da metodologia a ser utilizada (MASSON *et al.*, 2012).

Neste contexto, o *Problem-Based Learning* (PBL) é uma metodologia muito utilizada no ensino, pois auxilia na compreensão dos conhecimentos ministrados. Destarte, o PBL visa a inserção do aluno como elemento ativo dos projetos a serem desenvolvidos e no processo de aprendizagem.

A descoberta dos motores à combustão interna nasceu da curiosidade e necessidades de descobertas de novas tecnologias. Ao longo dos anos, muitos projetos foram desenvolvidos para melhoria desses motores, tornando-os cada vez mais eficientes.

Isto posto, o presente trabalho tem por objetivo desenvolver um PBL, através do projeto e construção de um motor monocilíndrico à combustão interna.

Os cursos de engenharia na modalidade presencial da UNINTER utilizam um modelo de PBL em que os alunos desenvolvem projetos, com o intuito de aplicar os conhecimentos adquiridos nas disciplinas de forma prática. Esses projetos são desenvolvidos e apresentados a uma banca examinadora, e, geralmente, não são continuados. A proposta do presente estudo é que o PBL seja desenvolvido no decorrer de todo o curso (projeto continuado); portanto, desde o primeiro módulo o aluno saberá o resultado que será alcançado ao término do curso. Entende-se que esta proposta refletirá em uma construção do conhecimento aplicado na prática, confluindo em um projeto/produto que produzirá um melhor aprendizado da teoria, através das

atividades práticas, bem como análises críticas do seu funcionamento — o que possibilita o desenvolvimento de melhorias no produto e outras análises pertinentes.

2 Revisão bibliográfica

De Graff e Kolmos (2003) afirmaram que o PBL é uma abordagem educacional em que o problema é o ponto de partida do processo de aprendizagem. Geralmente, os trabalhos são baseados em perspectivas reais, sendo necessário um projeto para sua aplicação.

Para construção de um motor de combustão do ciclo Otto, é preciso a utilização de uma metodologia de aplicação didática para que o processo de aprendizado dos alunos possa ser o mais fácil possível.

Para Ferguson e Kirk Patrick (2016), a história dos motores de combustão interna teve início em 1858, quando o engenheiro belga J. Lenior (1822-1900) desenvolveu um motor de dois tempos com 6 hp de potência, cujo rendimento era por volta de apenas 5%.

Heisler (1995) publicou um livro que fornece muitas informações úteis ao projetista e analisa, de forma clara, o mecanismo das válvulas e do comando de válvulas, bem como a influência exercida pelo arranjo e geometria das válvulas e câmara de combustão na formação de turbulência na mistura ar combustível.

O projeto e construção de um motor do ciclo Otto exige o conhecimento técnico dos principais elementos que o compõem, assim como a quantidade da mistura de ar/combustível utilizado no processo de combustão. Este conhecimento é desenvolvido em algumas disciplinas da engenharia, como: termodinâmica, mecânica dos fluidos, resistência dos materiais, desenho técnico, projeto de componentes mecânicos, transferência de calor, processos de fabricação, entre outras.

3 Fundamentação teórica

Uma análise teórica dos cálculos necessários para o projeto de um motor à combustão de ciclo Otto foi realizada no trabalho de Bruno (2008), em sua dissertação. Os tópicos a seguir descrevem a formulação adotada no dimensionamento de alguns componentes do motor.

3.1 Pré-dimensionamentos do motor – Cálculo termodinâmico

Para o dimensionamento do motor, escolheram-se os seguintes parâmetros: potência de eixo do motor de 12 CV, 3600 rpm, combustível gasolina, 1 cilindro e refrigeração a ar

forçado. Para os cálculos termodinâmicos, é necessário usar valores pré-estabelecidos, tanto para pressão quanto para temperatura. Para pressão, utilizou-se 1,0 bar de pressão e 20 °C para temperatura ambiente (T_a).

Quando o gás dentro do cilindro é comprimido, um trabalho é realizado; mediante uma faísca, o gás expande e o pistão é movido, para movimentar a manivela. Quando sujeitamos o gás a esses processos termodinâmicos, sua pressão e seu volume podem ser alterados. Uma forma conveniente de visualizar essas alterações na pressão e no volume é usando um diagrama de pressão por volume ou diagrama $P \times V$. Cada ponto em um diagrama $P \times V$ corresponde a um estado diferente do gás; tais pontos são descritos nos capítulos subsequentes.

3.1.1 Pressão de entrada do ponto 1

A pressão de entrada não é a mesma que a pressão atmosférica, logo a pressão no início é um pouco abaixo, e pode ser expressa pela Equação 1.

$$P_e = 0,95P_a \quad (1)$$

Para Sousa (1980), a temperatura deve obedecer à escala de $50^\circ\text{C} \leq t_1 \leq 80^\circ\text{C}$. As temperaturas devem ser comumente formuladas para $t_1 = 343 \text{ K}$ ($t_1 = 70^\circ\text{C}$). Para calcular a temperatura, pode-se utilizar a equação abaixo para o volume específico, em que o $R = 287,0 \text{ J/kg.K}$ para o ar, logo:

$$V_1 = \frac{RT_1}{P_1} \quad (2)$$

Onde V_1 corresponde ao volume específico, R é a constante dos gases, T_1 é a temperatura de entrada e P_1 é a pressão de entrada.

3.1.2 Final da compressão no ponto 2

Conforme Sousa (1980), a relação entre o volume da câmara de combustão mais a cilindrada, dividido pela cilindrada deve ser $r = 7$ (taxa de compressão). Podemos adotar o expoente politrópico de compressão, como $k_p = 1,3$. A equação governante para o cálculo de compressão no ponto 2 é dada por:

$$P_2 = P_1 r^{k_p} \quad (3)$$

Onde P_2 corresponde à pressão no final da etapa de compressão (em bar).

O volume específico e a temperatura no ponto 2 são descritas através das seguintes equações:

$$V_2 = V_1 \left(\frac{V_1}{P_2} \right)^{\frac{1}{k_p}} \quad (4)$$

$$T_2 = \left(\frac{P_2 V_2}{R} \right) \quad (5)$$

3.1.3 Combustão isocórica no ponto 2

Utiliza-se $T_{2a} = 1900^\circ\text{C}$ como valor fixo para transformação a volume constante; logo, a equação governante toma a seguinte forma:

$$T_v = \left(\frac{T_2 + T_{2a}}{2} \right) \quad (6)$$

Temos que T_2 corresponde à temperatura no final da compressão, T_{2a} é a temperatura no final da combustão isocórica e T_v é a temperatura a volume constante.

Com o auxílio do gráfico e utilizando o valor de T_v , é possível encontrar o calor específico à pressão constante C_p , logo, a equação pode ser escrita da seguinte forma.

$$C_v = \frac{C_p}{k} \quad (7)$$

Sabendo que 14,5 kg de ar oxidam 1,0 kg de combustível e temos como resultado 15,5 kg de gás, a quantidade de calor a volume constante é:

$$Q_v = \left(\frac{E_v - Q_{pv}}{15,5} \right) \quad (8)$$

Onde Q_v é a quantidade de energia a volume constante, E_v corresponde à energia liberada a volume constante e Q_{pv} é a quantidade de energia não utilizada a volume constante.

A pressão final da transformação isocórica é:

$$P_{2a} = P_2 \left(\frac{T_{2a}}{T_2} \right) \quad (9)$$

3.1.4 Final da combustão isobárica no ponto 2b

Com o valor fixo de $T_{2b} = 2300^\circ\text{C}$, conforme Souza (1980), para o ciclo Otto, temos a seguinte referência: $30 \text{ bar} \leq P_{2a} \leq 60 \text{ bar}$ e $2000 \text{ K} \leq T_{2b} \leq 2800 \text{ K}$.

Para $C_p = 1,364 \text{ kJ} / \text{ kg} \cdot ^\circ\text{C}$, o expoente adiabático, tanto para o diesel quanto para a gasolina, pode ser escrito da seguinte forma:

$$Q_p = E_p - Q_{pp} = C_p(T_{2b} - T_{2a}) \quad (10)$$

Manipulando a equação acima, temos que:

$$T_{2b} = \frac{Q_p}{C_p} + T_{2a} \quad (11)$$

3.1.5 Final da combustão isotérmica

Para o final da combustão isotérmica, podemos utilizar a seguinte equação para determinar a quantidade de calor total:

$$Q_t = E_t - Q_{pt} = KT_3L \left(\frac{V_3}{V_{2b}} \right) \quad (12)$$

Com equação da quantidade de calor total, é possível encontrar os outros elementos da equação, tais como o V_3 . Partindo desse pressuposto, a pressão no final da combustão isotérmica é obtida através da seguinte equação:

$$P_3 = P_{2a} \left(\frac{V_{2b}}{V_3} \right) \quad (13)$$

3.1.6 Característica do final da expansão no ponto 4

Para o final da expansão, podemos obter a quantidade de calor adiabática por:

$$Q_{3,4} = [(k - k_p)(k - 1)] \left(\frac{RT_3}{(k-1)} \right) \left[\left(1 - \left(1 - \frac{V_3}{V_1} \right) \right) \right]^{kp-1} \quad (14)$$

3.1.7 Construções do Gráfico P x V

Para elaboração do gráfico P x V, utilizaram-se os resultados obtidos mediante a metodologia apresentada, expressos na tabela abaixo:

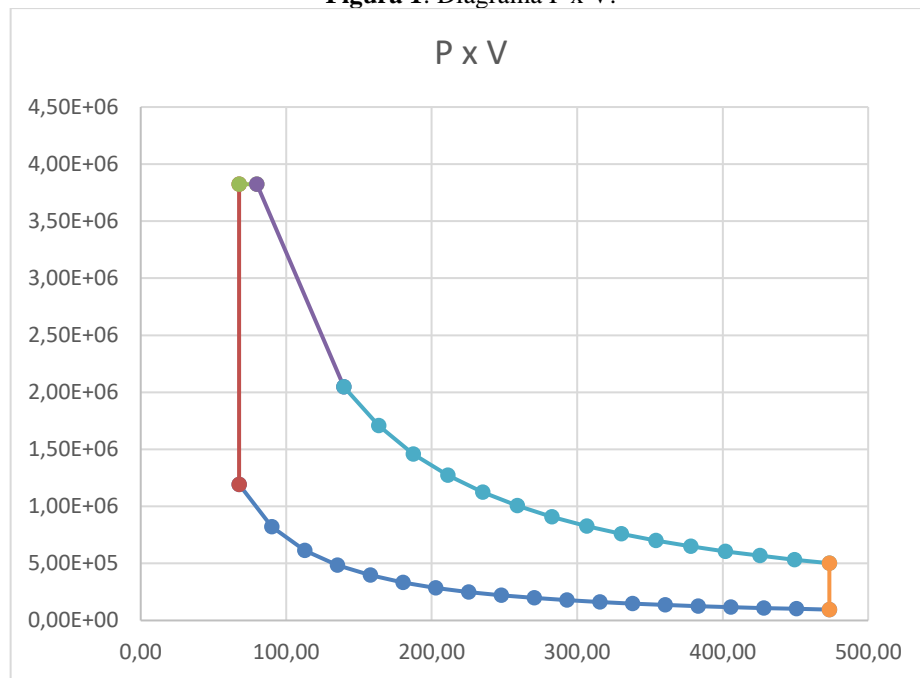
Tabela 1: Volume específico, volume e pressão para cada ponto do diagrama P x V.

| Resumo | Volume Específico (m ³ /kg) | Volume (cm ³) | Pressão (Pa) |
|--------|---|---------------------------|-----------------|
| | | | |

| | | | |
|----|-------------|--------|----------|
| 1 | 1,036221053 | 473,31 | 9,50E+04 |
| 2 | 0,148031579 | 67,61 | 1,19E+06 |
| 2a | 0,148031579 | 67,61 | 3,82E+06 |
| 2b | 0,174794486 | 79,84 | 3,82E+06 |
| 3 | 0,32725 | 139,72 | 2,05E+06 |
| 4 | 1,036 | 473,31 | 5,02E+05 |

O gráfico pressão por volume apresenta a transformação adiabática de um gás, partindo de seu estado inicial até seu estado final. A Figura 1 demonstra esse processo para a construção de um motor do ciclo Otto de um cilindro, e a forma como esse gás se comporta.

Figura 1: Diagrama P x V.



4 Cálculo dos parâmetros principais da biela

A biela é uma peça móvel responsável pela ligação entre o pistão e a árvore de manivela ou virabrequim. A biela realiza um movimento alternativo na direção do eixo do cilindro e, simultaneamente, um movimento perpendicular ao centro do pino do pistão; assim, fica sujeita à uma força de compressão por conta da força na direção do seu eixo longitudinal, o que pode provocar flambagem e flexão alternativa — devido à força centrífuga gerada pela massa rotativa da biela.

Para calcular os parâmetros principais da biela, é necessário utilizar os dados provenientes do cálculo termodinâmico. São eles:

$D_p = 77,50$ mm – diâmetro do pistão;

$C_p = 86,00$ mm – curso do pistão;

$L = 171,00$ mm – distância entre centros dos furos da biela;

$\varnothing_f = 22,00$ mm – diâmetro do furo da biela no pino do pistão;

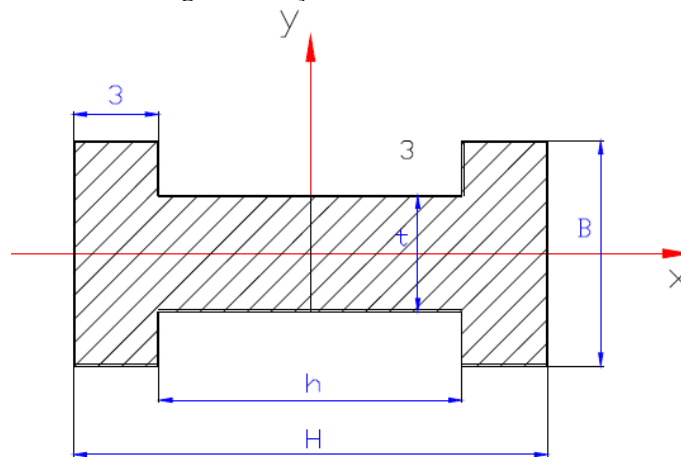
$\varnothing_F = 55,00$ mm – diâmetro do furo da biela no eixo do virabrequim.

O cálculo da seção transversal da biela é por:

$$A = B.H - h.(B - t) \quad (15)$$

Onde os parâmetros são definidos conforme a geometria da seção transversal da biela apresentada na Figura 2.

Figura 2: Seção transversal da biela.



Fonte: Bruno (2008).

Onde $B = 20$ mm, $H = 18$ mm, $h = 12$ mm e $t = 4$ mm.

O momento de inércia no plano das oscilações é dado pela seguinte equação:

$$I_{xx} = \frac{BH^3 - h^3(B - t)}{12} \quad (16)$$

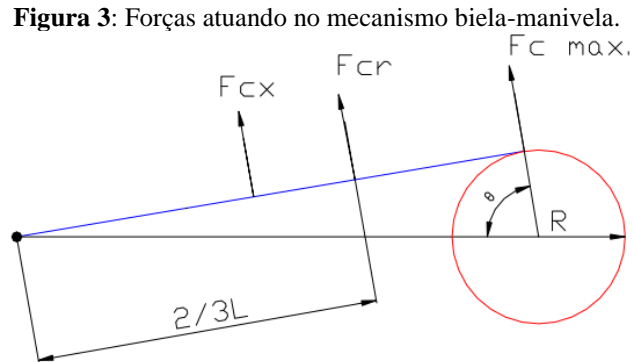
O coeficiente de esbeltez é descrito como:

$$\lambda_{xx} = L \sqrt{A/I_{xx}} \quad (17)$$

Se obtivermos um valor de $\lambda_{xx} <$ que $\lambda_{min} = 60$, o cálculo do corpo da biela será quanto à flexão.

4.1 Cálculo quanto à flexão da biela

A tensão de flexão máxima, devido às forças centrífugas, acontece quando a biela e eixo virabrequim formam um ângulo de 90°, como demonstra a Figura 3.



Fonte: Bruno (2008)

A aceleração máxima na cabeça da manivela é descrita por:

$$a_{m\acute{a}x} = R_m \omega^2 \quad (18)$$

Onde R_m corresponde ao raio da manivela e ω à velocidade angular.

Para determinar o valor da massa por unidade de comprimento da biela, podemos dividir a massa total (M) pelo comprimento da biela (L), ou seja:

$$m_i = \frac{M}{L} = \frac{\rho LA}{L} = \rho A \quad (19)$$

Com a massa por unidade de comprimento da biela, é possível calcular a força centrífuga máxima:

$$F_{c_{m\acute{a}x}} = m_i A r \omega^2 \quad (20)$$

O momento fletor máximo é dado por:

$$M_{m\acute{a}x} = m_i a_{m\acute{a}x} \left(\frac{L^2}{16} \right) \quad (21)$$

Para a tensão de flexão máxima, temos a seguinte equação:

$$\sigma_f = \frac{M_{m\acute{a}x}}{z} \quad (22)$$

A força no processo de compressão considerando $\theta = 70^\circ$ é dada por:

$$F_{gas} = P \frac{\pi D_p^2}{4} \quad (23)$$

Onde $P \cong 10 \text{ bar}$ no gráfico P x V.

A força tangencial para $\theta = 90^\circ$, na fase de expansão é definida como:

$$F_t = \frac{F_{gas}}{\cos\beta} \quad (24)$$

Onde $\beta = \text{arsen}(r/L)$.

Para tensão de compressão quando $\theta = 90^\circ$, temos:

$$\sigma_c = \frac{F_t}{A} \quad (25)$$

A tensão resultante é obtida através da seguinte equação:

$$\sigma_R = \sigma_f + \sigma_c \quad (26)$$

A tensão admissível é determinada por:

$$\sigma_{adm} = \frac{\sigma_R}{CS} \quad (27)$$

Onde CS corresponde ao coeficiente de segurança.

4.2 Cálculo das dimensões principais do cilindro

4.2.1 Análise da tensão tangencial

O cilindro de um motor ciclo Otto é obtido a partir de um tubo de parede fina, em que a espessura do tubo pode ser calculada através da equação tensão tangencial, demonstrada abaixo:

$$t = \frac{PD_p}{2S_n} \quad (28)$$

Sendo S_n a tensão nominal do material.

Para fabricação do cilindro, escolheu-se como material o ferro fundido cinzento, que apresenta um valor de resistência à tração de 21,4 kgf/mm².

4.2.2 Análise de tensão de tração no cilindro

No início da expansão, a parede do cilindro é submetida à uma tração máxima de 43,52 bar. A força de tração é dada pela equação:

$$Ft_c = A_{cil}P_{2a} \quad (29)$$

Gerando uma tensão dada por:

$$\sigma t_c = \frac{Ft_c}{A_{anel}} \quad (30)$$

4.3 Cálculo das dimensões principais do cabeçote

O projeto da câmara de combustão de um motor ciclo Otto tem como objetivo otimizar o enchimento do cilindro com mistura ar/combustível e esvaziamento do gás proveniente da queima sob toda a faixa de rotação do motor. Para determinar a altura da câmara de combustão, usamos as seguintes equações:

$$h_{cc} = \frac{V_{cc}}{\frac{\pi}{4}D_p^2} - h_j \quad (31)$$

Onde V_{cc} corresponde ao volume da câmara de combustão e h_j corresponde à altura da junta.

5 Resultados e discussões

O resultado deste trabalho é o dimensionamento de alguns componentes de um motor do ciclo Otto.

O diâmetro do pistão é determinado através da seguinte equação:

$$D_p = \left[\frac{V_g 4.60i}{\pi a Z_c r p m \eta_v} \right]^{(1/3)} = \left[\frac{0,0125.4.60.2}{\pi. 1,1.1.3600.0,82} \right]^{(1/3)} = 0,083 \text{ m} \quad (33)$$

Onde V_g corresponde à vazão volumétrica de gás, Z_c é o número de cilindros, rpm é o número de rotações por minuto, i é o coeficiente igual a 1 para motores 2 tempos e igual a 2 para motor 4 tempos, η_v é o rendimento volumétrico e a é a relação entre curso e diâmetro do pistão e igual a 1,1.

Considerando um pistão comercial, temos $D_p = 77,5 \text{ mm}$ ou $D_p = 0,0775 \text{ m}$ com um curso de 86 mm, ou seja, $C_{pi} = 0,086 \text{ m}$.

Para a cilindrada, temos a seguinte equação:

$$V_{ct} = \frac{\pi D_p^2}{4} C_{pi} = \frac{\pi \cdot 0,0775^2}{4} \cdot 0,086 = 405,7 \text{ cm}^3 \quad (34)$$

O volume da câmara de combustão (V_{cc}) é obtido através da seguinte equação:

$$r = \frac{V_{ct} + V_{cc}}{V_{cc}} = 7 \quad (35)$$

Onde r é a taxa de compressão. Manipulando a equação acima, temos que

$$V_{cc} = \frac{V_{ct}}{6} = \frac{405,7}{6} = 67,61 \text{ cm}^3$$

Por intermédio dos cálculos realizados para o dimensionamento da biela, chegamos à tensão admissível, que, ao ser maior que a tensão resultante, prova que os valores encontrados suportam todos os esforços calculados.

A tensão resultante na biela produziu o seguinte resultado:

$$\sigma_R = \sigma_f + \sigma_c = 16,58 + 290 = 306,58 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

Portanto, a tensão admissível é

$$\sigma_{adm} = \frac{\sigma_R}{CS} = \frac{306,58}{6} = 51,1 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

Para o cálculo das dimensões principais do cilindro, temos:

$$S_n = \frac{21,4}{CS} = \frac{21,4}{5} = 4,28 \frac{\text{kgf}}{\text{mm}^2} = 428 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

Logo, a espessura da parede do cilindro é obtida aplicando este valor à Equação 28; assim, temos:

$$t = \frac{PD_p}{2S_n} = \frac{47,7,75}{2,428} = 0,42 \text{ cm ou } 4,2 \text{ mm}$$

Para o cálculo da altura da câmara de combustão, considera-se a Equação 31, onde h_j é altura da junta com o valor de 0,1 cm, assim temos que

$$h_{cc} = \frac{V_{cc}}{\frac{\pi}{4} D_p^2} - h_j = \frac{67,61}{\frac{\pi}{4} \cdot 7,75^2} - 0,1 = 1,42 \text{ cm ou } 14,2 \text{ mm}$$

6 Considerações finais

Este trabalho apresentou um referencial de cálculos para o projeto de alguns componentes de um motor do ciclo Otto, com o objetivo de aplicá-lo em um PBL (*Project Based Learning*) — com foco nos alunos da Engenharia Mecânica e Engenharia de Produção. Através da metodologia apresentada por Bruno (2008), realizou-se o cálculo termodinâmico de um motor à combustão, considerando alguns parâmetros previamente definidos; ademais, dimensionaram-se alguns componentes desse motor como: pistão, cilindro, biela e cabeçote.

Para trabalhos futuros, sugerem-se: (a) a manutenção da revisão bibliográfica pertinente ao tema; (b) a aplicação da Engenharia reversa sobre um motor monocilíndrico, de modo a dimensionar seus componentes, a partir de um modelo pronto e construído; e (c) a continuação do trabalho, realizado através do projeto do sistema de admissão, exaustão, refrigeração, entre outros.

Referências

BRUNO, E. P. **Projeto de Um Motor 4 Tempos, a Gasolina e Monocilíndrico**: cálculo termodinâmico, desenho, usinagem e montagem da parte alternativa. 2008. 107 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, Guaratinguetá, 2008.

HEISLER, H. **Advanced engine technology**. London: Edward Arnold, 1995.

MASSON, T. J. *et al.* Metodologia de ensino: aprendizagem Baseada em Projetos (PBL). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA, 40., 2012, Belém. **Anais [...]**. Belém: ABENGE, 2012.

SCHLICHTING, Thais de Souza. **Letramentos em contexto de aprendizagem ativa nas Engenharias**: construindo o edifício das palavras para nele ser inquilino. 2016. 149 f. Dissertação (Mestrado em Educação) - Programa de Pós-Graduação em Educação, Universidade Regional de Blumenau, Blumenau, 2016. Disponível em: https://bu.furb.br/docs/DS/2016/360680_1_1.pdf. Acesso em: 10 set. 2021.

SOUZA, Z. **Elementos de máquinas térmicas**. Rio de Janeiro: Campus, 1980. 198 p.