



SISTEMA DE IÇAMENTO DE CARGAS PARA HELICÓPTEROS DE RESGATE

Recebido: 21 set. 2021

Aprovado: 06 abr. 2022

Versão do autor aceita publicada online: 06 abr. 2022

Publicado online: 14 abr. 2022

Como citar esse artigo - American Psychological Association (APA):

Cuchi, R., Zappelino, B. de F., Ballmann, T. de J., Silva, V., Prestini, D., Ferreira, H. M., & Azevedo, G. L. (2023, out./dez.). Sistema de içamento de cargas para helicópteros de resgate. *Exacta*, 21(4), 993-1008. DOI: <https://doi.org/10.5585/exactaep.2022.20763>

Submeta seu artigo para este periódico

Processo de Avaliação: *Double Blind Review*

Editor: Dr. Luiz Fernando Rodrigues Pinto



Dados Crossmark



SISTEMA DE IÇAMENTO DE CARGAS PARA HELICÓPTEROS DE RESGATE

 Rafael Cuchi¹  Bruna de Freitas Zappelino²  Thais de Jesus Ballmann³  Vanderlei da Silva⁴  Dani Prestini⁵  Herlon Martins Ferreira⁶  George Luis Azevedo⁷

Resumo: Aeronaves de resgate são usadas para agilizar a evacuação e fornecer suporte avançado às vítimas. Comparados com o resgate em barco ou terrestre, os helicópteros fornecem acesso rápido e visualização aérea durante a busca. Nesse sentido, este estudo tem por objetivo contribuir com o trabalho da polícia militar em situações de resgate, aumentando a capacidade de carga durante o içamento de vítimas e propiciando segurança durante a operação. Para tanto, com o auxílio das metodologias PDP (Processo de Desenvolvimento de Produto), foi desenvolvido um dispositivo para içamento de carga, com capacidade de 4000 N, devidamente dimensionado e de fácil manuseio. O procedimento experimental seguiu tendo como balizador as metodologias PDP atreladas ao sistema CAx (integração de sistemas de manufatura). Utilizando a junção dessas ferramentas, foi possível elaborar uma solução que permitiu o içamento de vítimas pelo lado externo do helicóptero e garantiu a segurança dos profissionais envolvidos durante a operação.

Palavras-chave: Helicóptero. Processo de desenvolvimento de produto. Içamento. Resgate.

Abstract: Rescue aircraft are used to expedite evacuation and provide advanced support to victims. Compared to boat or land rescue, helicopters provide quick access and aerial viewing during the search. In this sense, this study aims to contribute to the work of the military police in rescue situations, increasing the carrying capacity during the lifting of victims and providing security during the operation. For that, with the aid of the PDP (Product Development Process) methodologies, a device for lifting loads was developed, with a capacity of 4000 N, properly dimensioned and easy to handle. The experimental procedure continued with the PDP methodologies linked to the CAx system as a guide. Using the combination of these tools, it was possible to develop a solution that allowed the lifting of victims from the outside of the helicopter and ensured the safety of the professionals involved during the operation.

Keywords: Helicopter. Product development process. Lifting. Rescue.

¹ Faculdade Senai Joinville / Joinville – SC – Brasil

² Faculdade Senai Joinville / Joinville – SC – Brasil. Doutorado em Ciência e Engenharia de Materiais.

³ Faculdade Senai Joinville / Joinville – SC – Brasil. Doutorado em Ciência e Engenharia de Materiais pela Universidade do Estado de Santa Catarina (2017)

⁴ Faculdade Senai Joinville / Joinville – SC – Brasil. Mestre em Engenharia Mecânica (Centro Universitário UNISOCIESC).

⁵ Faculdade Senai Joinville / Joinville – SC – Brasil. Doutorado em Ciência e Engenharia de Materiais pela Universidade do Estado de Santa Catarina (2019)

⁶ Batalhão da Polícia Militar de Santa Catarina. Florianópolis, SC – Brasil

⁷ Faculdade Senai Joinville / Joinville - SC - Brasil. Mestre em Educação de Ciências, Matemática e Tecnologia pela UDESC

1 Introdução

Gerar novas ideias e produzir novos produtos, vem se tornando uma exigência na grande maioria das empresas, na medida em que a crescente globalização e conseqüente internacionalização dos mercados, há a necessidade de se manter competitivo no atual cenário econômico (Guimarães et. al., 2021; Favi e Campi, 2021). Contudo, é nesse quadro revolucionário que as correntes demandas vêm se desenhando, frente a constantes inovações e desafios, que, por conseguinte, acabam afetando os modos de ação de diversos setores econômicos.

Dessa forma, o processo de desenvolvimento de produtos tem procurado enfatizar com maior vigor, a relevância de aspectos que tangem cada vez mais a inovação, mobilidade, desempenho e segurança do produto. É assim que as metodologias do PDP (Processo de Desenvolvimento de Produtos), ganham um notável destaque, sendo compreendidas como ferramentas essenciais para acompanhar as novas demandas de mercado e esboçar estratégias competitivas de produtos (Fung et.al., 2021; Carmona, 2021). O emprego dessa sistemática é o que aprimora e direciona um produto final, para garantir um desempenho eficaz e fazer com que seja facilmente admitido pela sociedade, na medida em que o ciclo de vida dos mesmos é minimizado. Portanto, essa interface entre empresa e mercado, tem retratado bem as necessidades, justificando os esforços em difundir cada vez mais os princípios do PDP nas empresas (Rozenfeld et al., 2006; Souza & Moraes, 2016).

“Uma inovação de produto é a introdução de um bem ou um novo serviço novo significativamente melhorado no que concerne às suas características ou usos previstos” Manual de Oslo (2006, p.57). Por meio dessa definição, pode-se abranger uma visão conceitual intimamente vinculada a uma das áreas fundamentais do presente estudo, a inovação de produtos. Ainda no que tange às perspectivas conceituais, destaca-se o viés fundamental acerca das suas concepções, vem seguindo uma linha tênue ao longo dos anos e portanto, sofrendo pouca variação. A ideia de inovação está sempre se assegurando fora de padrões predefinidos (Tidd, Bessant e Pavitt, 2008 apud Lopes, Beuren e Martin, 2018). Contudo, o fator inovação, assim como as metodologias do PDP, oferece rigorosa contribuição para a garantia de eficácia nos processos produtivos.

Helicópteros de resgate são veículos eficazes para responder a incidentes no mar e/ou transportar vítimas gravemente feridas a centros médicos especializados (Karatas, Razi e Gunal, 2017; Mair et al., 2012; Elvik, 2002). Algumas pesquisas apontam que cerca de um terço das vítimas envolvidas em operações de resgate têm uma ameaça de vida potencial ou real. O uso de helicópteros como um rápido meio para alcançar a vítima e levá-la a um local seguro permite a administração precoce de analgesia e também medidas avançadas de suporte de vida (Pasquier et al., 2012).

Dessa forma, nesta pesquisa objetivou-se o desenvolvimento de um sistema de içamento de cargas para helicópteros Águia em ações de resgate e operações planejadas pela Polícia Militar de Santa



Catarina. Buscou-se investigar e aplicar metodologias de PDP a fim de melhorar a capacidade de carga no içamento, não correr riscos durante a operação, ser essencialmente um dispositivo de fácil manuseio e que não necessitasse muitos pontos de ancoragem na base do helicóptero.

O campo das metodologias PDP é muito abrangente, notavelmente aplicadas em diversas empresas, para diferentes fins. No entanto, no âmbito da aviação, a abundância de materiais em literaturas é limitada, comparada a aplicações mais triviais, conforme observado (Meadley et al., 2021; Christensen et al., 2021). Diante disso, o ineditismo do corrente trabalho, está no desenvolvimento do dispositivo auxiliar para içamento de carga, projetado especialmente para suprir a necessidade da polícia militar, tratando-se portanto, de um modelo único, descrito exclusivamente nesta literatura.

2 Processo de desenvolvimento de produtos

A crescente globalização e conseqüente internacionalização dos mercados, vem desmascarando uma exigência impetuosa imposta na grande maioria das empresas. Portanto, gerar novas ideias e produzir novos produtos, mantém essas empresas competitivas no atual cenário econômico (Lyu et al., 2022).

Rozenfeld et al. (2006) aponta que o PDP está justamente empregado no campo de interação entre empresa e mercado. Tendo assim um papel fundamental para identificar e até antecipar os movimentos do mercado, atuando nas necessidades e propondo soluções auspiciosas. Metodologias PDP podem ser utilizadas como espinha dorsal para conectar vários subprocessos e adaptação ágil de produtos, inclusive em soluções da área da tecnologia da informação (Varl; Duhovnik; Tavčar, 2022).

Em linhas atuais e futuras, a grande preocupação deve estar voltada a atender critérios de eficiência e eficácia. Uma vez que a demanda por mudanças nos produtos e suas aplicações vem mudando intensamente (Rozenfeld et al., 2006).

Essa formalização de atividades que as metodologias de desenvolvimento de produto garantem, mostraram-se fundamentais em muitas empresas e negócios já consolidados ou ainda em ascensão. Nesse sentido, essa sistemática apresentou-se como um recurso chave na elaboração de um aplicativo responsável por fazer a mensuração dos materiais necessários para obtenção do concreto. Sua atuação no presente caso desempenhou um papel muito benéfico como um auxílio na escolha das principais diretrizes responsáveis pelo desenvolvimento do projeto (Sampaio et al., 2021).

Dessa mesma forma, um caso análogo mostrou-se evidente em uma empresa cuja área de atuação é voltada ao ramo automotivo. Na qual foram conduzidos estudos acerca do modelo de desenvolvimento produtivo utilizado pela empresa e os impactos referentes a adesão das metodologias PDP como um planejamento estratégico para produção. Ressalta-se a positividade dos resultados e como os mesmos implicam diretamente na qualidade final do produto (Kechinski et al., 2010).

No entanto, por mais abrangente que seja o campo das metodologias PDP, sua aplicação no setor de aviação apresenta-se restrito se considerado a abundância de literaturas científicas.

Observa-se atualmente que as empresas estão buscando intensamente aprimorar seus processos de desenvolvimento de produto e assim integrá-los a novas metodologias. Assim sendo, mostra-se válido a transformação desses sistemas puros de desenvolvimento de produto, integrando-os, por exemplo, aos princípios da Set-Based Concurrent Engineering (SBCE) ou engenharia simultânea baseada em conjuntos. Esse modelo permite estruturar e definir as atividades e ferramentas de modo a buscar resultados tangíveis, além de associar essas ferramentas a atividades específicas, o que implica em menos desperdícios e mais eficiência na produção. O modelo descrito de desenvolvimento de produto, foi aplicado em uma indústria do setor da aviação e experimentado na produção de motores para helicópteros (Al-Ashaab et al., 2013).

3 Materiais e métodos

O presente estudo, iniciou-se com uma visita técnica ao batalhão da polícia militar, na cidade de Balneário Camboriú/SC, com intuito de analisar as características da aeronave em que seria executado o projeto, além de realizar medições e verificar os pontos de ancoragem existentes na mesma.

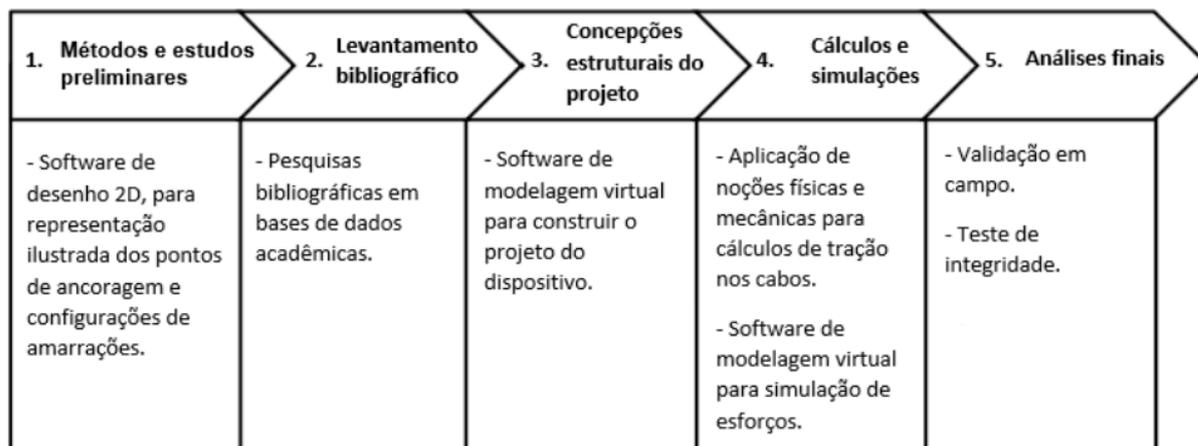
De segundo modo, foi realizada uma pesquisa de caráter bibliográfico-exploratório, de forma a ampliar os conhecimentos sobre a questão de processo de desenvolvimento de produtos e realizar um levantamento de publicações que discutem a temática analisada com um olhar crítico e de potencial contribuição no estudo da problemática apresentada pela pesquisa.

Como base para o desenvolvimento do corrente projeto, foram adotados os princípios dos sistemas CAx, integrados juntamente ao PDP, tornando-se importantes ferramentas para auxílio nas etapas do processo de desenvolvimento (Guimarães et. al., 2021). Desta forma, os diferentes estágios do processo seguiram uma linearidade progressiva de fases de controle e adequação das ideias desenvolvidas, de modo a usufruir das tecnologias computacionais disponíveis, capazes de colaborar na execução de tarefas, a fim de que a produção do produto seja mais simples e eficaz.



Figura 1

Fluxograma com as etapas da concepção da solução, implementando sistemas computacionais com o PDP



Fonte: Os autores.

O fluxograma acima descreve a relação dos sistemas computacionais oriundos da temática CAx, integrados nas etapas dos processos que compreendem o desenvolvimento do dispositivo em estudo no presente artigo.

Métodos e estudos preliminares refletem as primeiras análises do projeto, a utilização do software 2D foi essencialmente destinada a representar de forma ilustrada os pontos de ancoragem e configurações de amarrações.

Posteriormente, a etapa de levantamento de dados faz a relação com a primeira etapa e busca investigar pontos importantes do projeto, a fim de fazer um levantamento de algumas literaturas e aplicar no desenvolvimento do produto.

A terceira etapa compreende as concepções estruturais do dispositivo, dessa forma a utilização de softwares de modelagem virtual, torna-se indispensável, para gerar um modelo tridimensional do dispositivo em desenvolvimento. Nessa etapa foi realizada a construção de um *mockup*, para que o projeto pudesse ser aprovado em campo. Esse *mockup* foi levado até o helicóptero e posteriormente verificado os pontos de amarração.

A etapa de cálculos e simulações destaca-se a aplicação de conhecimentos provenientes da física básica, como alguns princípios das leis de Newton. Além desses conhecimentos, destacam-se as noções de mecânica estática, principalmente na área de equilíbrio de corpos rígidos, que de certa forma está intimamente relacionada com a física. Para a parte de simulação foi utilizado um software de modelagem virtual. A simulação realizada buscou-se na aplicação de uma carga potencial a fim de mensurar o deslocamento (deformação) do modelo em teste.

Por fim, as análises finais que dizem respeito ao último refinamento do produto, compreendem-se testes de integridade estrutural da peça e validação em campo, ambos fundamentais para garantir o pleno funcionamento do dispositivo.

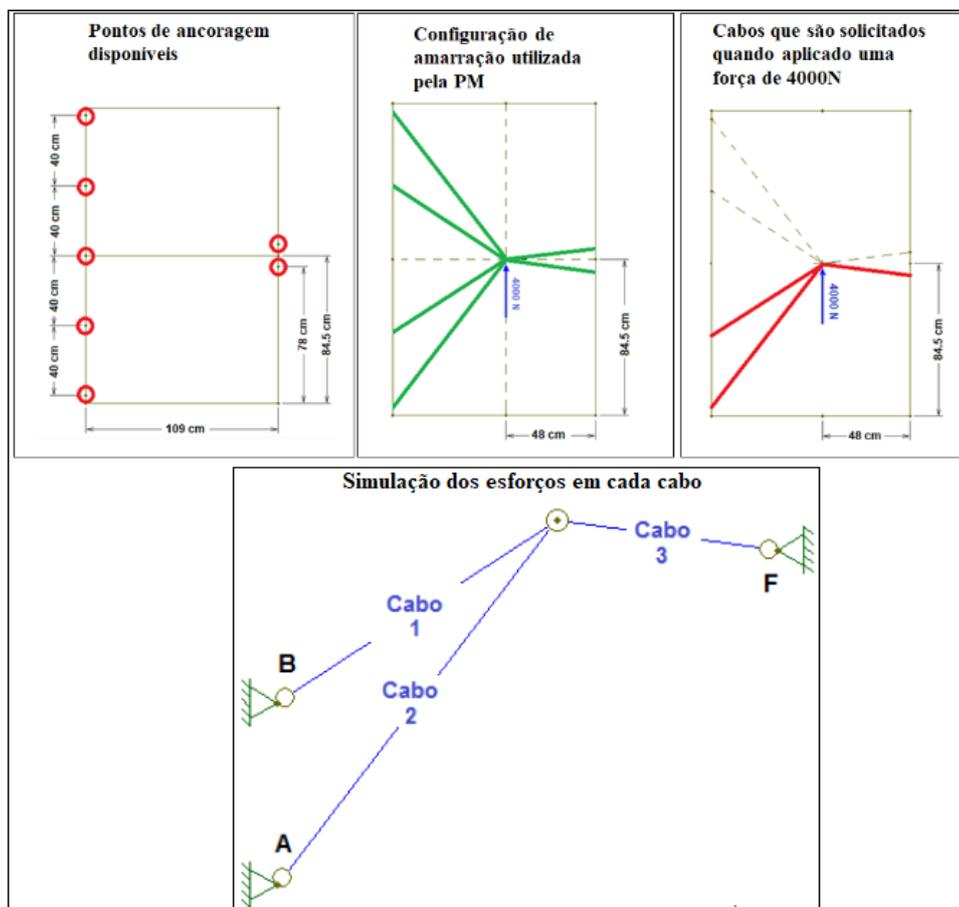
3 Apresentação de análise dos resultados

3.1 Análises preliminares

Foram realizadas medições na aeronave e analisados os possíveis pontos de ancoragem, responsáveis por fazer a fixação do conjunto de cabos utilizados na amarração do dispositivo a ser desenvolvido. Até então já estava sendo utilizada uma configuração de amarração nos procedimentos padrões pela PM., porém, ao ser feita uma análise referente a configuração da amarração, constatou-se que dos 6 (seis) cabos utilizados, somente 3 (três) são solicitados quando a força de 4000N é aplicada. Tendo em vista essa situação, simulou-se as forças em cada cabo obtendo os seguintes valores: Cabo 1 = 2144 N; Cabo 2 = 2943 N e Cabo 3 = 3610 N. A Figura 2 demonstra tais relações.

Figura 2

Relação de pontos de ancoragem, amarração dos cabos e simulação de esforços



Fonte: Os autores.

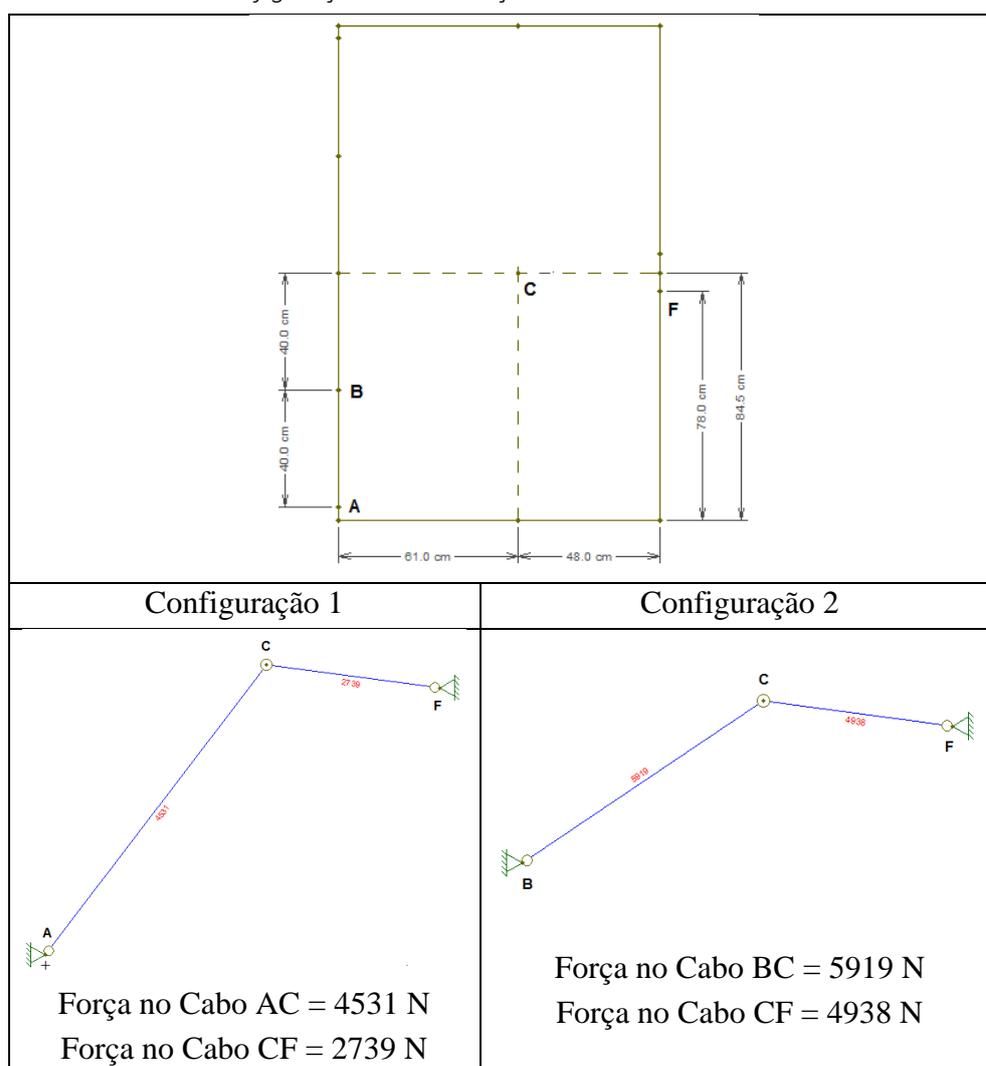
Porém essa configuração, após análise, apresentou uma dificuldade de execução que na qual os cabos 1 e 2, não necessariamente serão solicitadas simultaneamente, por não possuírem os tamanhos rigorosamente iguais a do projeto, esse impasse poderia ser superado com auxílio de esticadores, mas estes podem acabar oferecendo pontos de fragilidade do sistema. No entanto, se essa for a configuração escolhida, sugere-se a substituição dos esticadores por catracas.

3.2 Configurações de amarração

A fim de eliminar esse possível problema, sugere-se a utilização de dois cabos, com isso há duas possibilidades de configuração de amarração dos cabos como mostra a Figura 3.

Figura 3

Possibilidades de configuração de amarração dos cabos



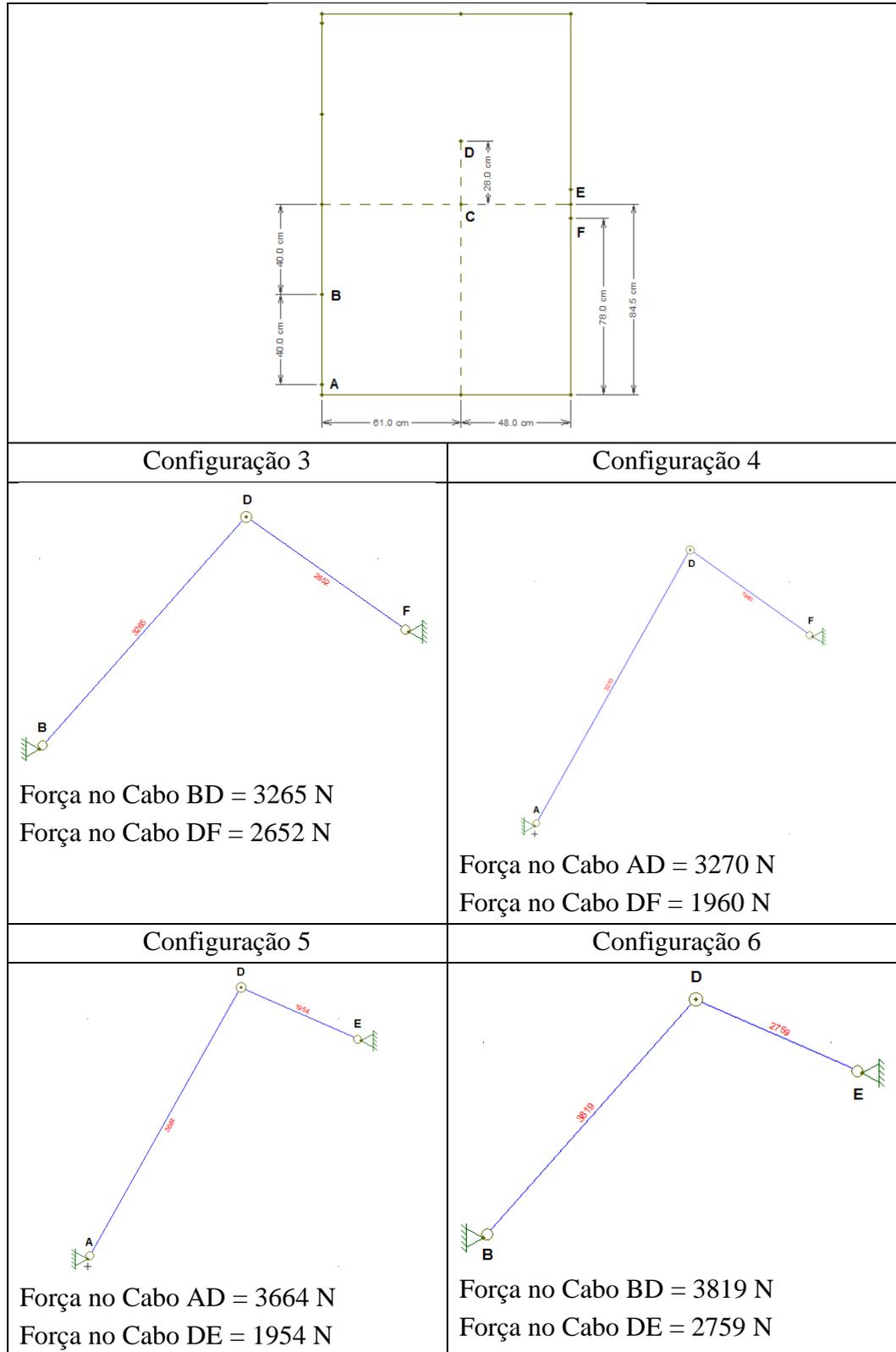
Fonte: Os autores.

A configuração 1 apresenta melhores resultados se comparado com a configuração 2.

Com objetivo de reduzir as tensões nos cabos, sugeriu-se o deslocamento da aplicação da força em 28 cm, com isso obteve-se 4 novas possibilidades de configuração como mostra a Figura 4.

Figura 4

Novas possibilidades de configuração de amarração dos cabos



Fonte: Os autores.

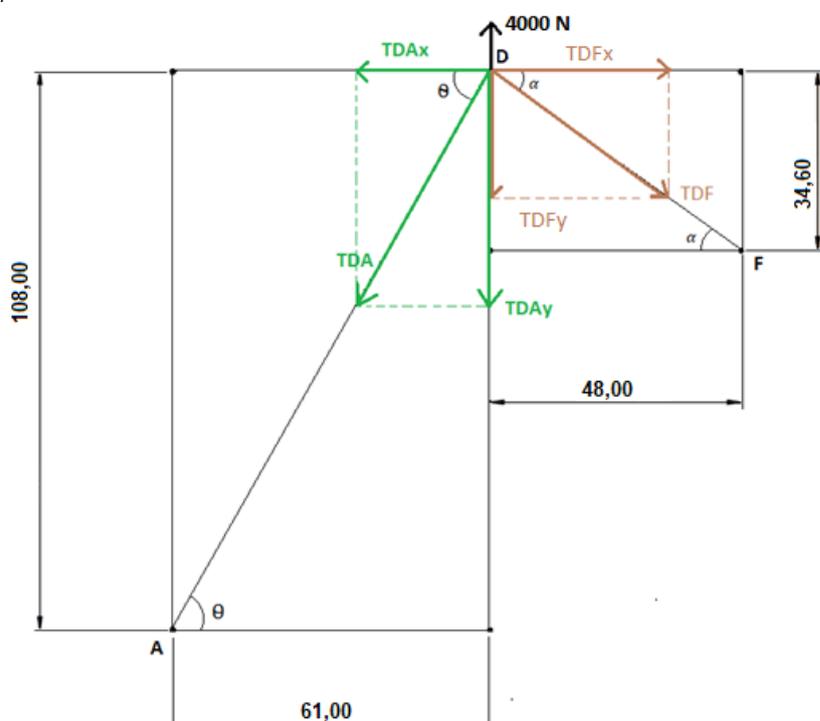
Nesse caso a configuração 4 apresenta melhores resultados do que as demais.

3.3 Cálculos e simulações

O diagrama de corpo livre da Figura 5, corresponde ao estudo de uma das configurações de amarração, vogada após análises e que rendeu melhores resultados. Para o estudo em questão, destaca-se o uso de princípios da física básica e noções de mecânica estática.

Figura 5

Diagrama de corpo livre



Fonte: Os autores.

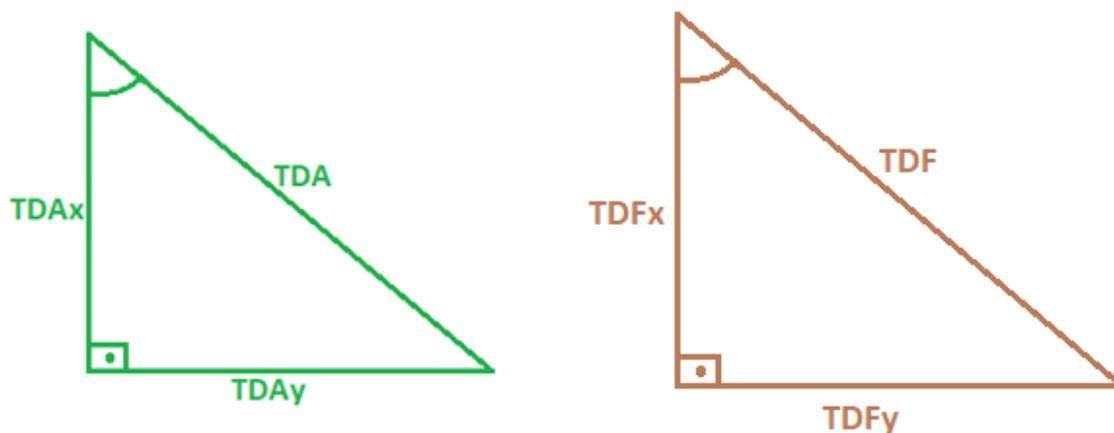
Adotando o diagrama como base de cálculo, nota-se a decomposição das forças TDA (Tração entre os pontos D e A) e TDF (Tração entre os pontos D e F), nos eixos 'x' e 'y', com isso são geradas duas novas componentes forças em cada tração, por exemplo, TDAx, TDAy. O mesmo é aplicado em TDF. A partir dessa consideração são geradas algumas relações, conforme equação abaixo:

$$\begin{aligned} TADx &= TAD \times \cos \theta & TDFx &= TDF \times \cos \alpha \\ TADy &= TAD \times \sin \theta & TDFy &= TDF \times \sin \alpha \end{aligned} \quad (1)$$

Essas relações são estabelecidas a partir da trigonometria básica, as componentes das forças formam um triângulo retângulo, que por sua vez é responsável pela aplicação do seno e cosseno, como exposta na equação (1). Retirando esse triângulo retângulo do diagrama tem-se como resultado o que está exposto na figura 6.

Figura 6

Triângulo retângulo TDA e TDF



Fonte: Os autores.

Utilizando dos conhecimentos provenientes da trigonometria, aplica-se às relações de seno que por fim resultam nas relações apresentadas na equação (1). Equação 2, demonstra a relação com o seno:

$$\text{Sen } \theta = \frac{C.O}{H} = > \frac{TDAy}{TDA} = > TDAy = TDA \times \text{Sen } \theta \quad (2)$$

Da mesma forma, é feita a relação com o cosseno (Equação 3):

$$\text{Cos } \theta = \frac{C.A}{H} = > \frac{TDAx}{TDA} = > TDAx = TDA \times \text{Cos } \theta \quad (3)$$

Posteriormente a essa etapa, obteve-se os respectivos valores dos ângulos (Equação 4):



$$\begin{aligned}\theta &= 60,54159 \\ \alpha &= 35,7853\end{aligned}\tag{4}$$

E para dar início a parte efetivamente estrutural do cálculo, é estabelecida a seguinte igualdade (Equação 5):

$$\Sigma f_x = 0\tag{5}$$

Por se tratar de uma situação de equilíbrio, o somatório das forças em 'x' resulta zero. Assim, as forças que se apresentam favoráveis ao referencial do movimento (esquerda para direita, no eixo X), recebem o sinal positivo na equação, já as que são contrárias ao movimento, recebem o sinal negativo, dessa forma, a equação é montada (Equação 6):

$$-TAD_x + TDF_x = 0\tag{6}$$

Os valores de TDA_x e TDF_x já foram declarados, conforme equação (1), portanto é feita a substituição (Equação 7):

$$TAD \times \cos \theta = TDF \times \cos \alpha\tag{7}$$

A equação (8) descrita abaixo, será utilizada para descobrir o valor do TDA, para isso é necessário o valor de TDF:

$$TAD = \frac{\cos \alpha \times TDF}{\cos \theta}\tag{8}$$

A fim de se obter o valor de TDF, o mesmo processo matemático exposto até então, deve ser feito, o diferencial é que as equações serão em função da somatória das forças atuantes no eixo y:

$$\Sigma f_y = 0\tag{9}$$

Novamente, por se tratar de uma situação de equilíbrio, o somatório das forças resulta em 0, dessa forma para construir a equação segue o mesmo processo descrito para o eixo x, da relação de sentido das forças com o eixo referência:

$$4000 - TADy - TDFy = 0 \quad (10)$$

Substituindo os valores de TDAy e TDFy, pela respectiva relação declarada na equação (1):

$$4000 - TAD \times \sin \theta - TDF \times \sin \alpha = 0 \quad (11)$$

O valor de TDA é dito pela equação (8), no entanto é feita a substituição:

$$4000 - \left(\frac{\cos \alpha \times TDF}{\cos \theta} \right) \times \sin \theta - TDF \times \sin \alpha = 0 \quad (12)$$

Agora substituindo os valores dos ângulos, conforme equação (4):

$$4000 - TDF \times \sin 35,7853 - \left(\frac{TDF \times \cos 35,7853}{\cos 60,54159} \right) \times \sin 60,54159 = 0 \quad (13)$$

Por fim descobre-se o valor de TDF:

$$4000 - 0,584749 \times TDF - 1,436247 \times TDF = 0 \quad (14)$$

$$4000 - 2,020996 \times TDF = 0$$

$$\frac{4000}{2,020996} = TDF = 1979,22N$$

Obtendo o valor do TDF, substitui-se na equação (8), resultando no valor de TDA:

$$TAD = \frac{1979,22 \times \cos 35,7853}{\cos 60,5419} \quad (15)$$

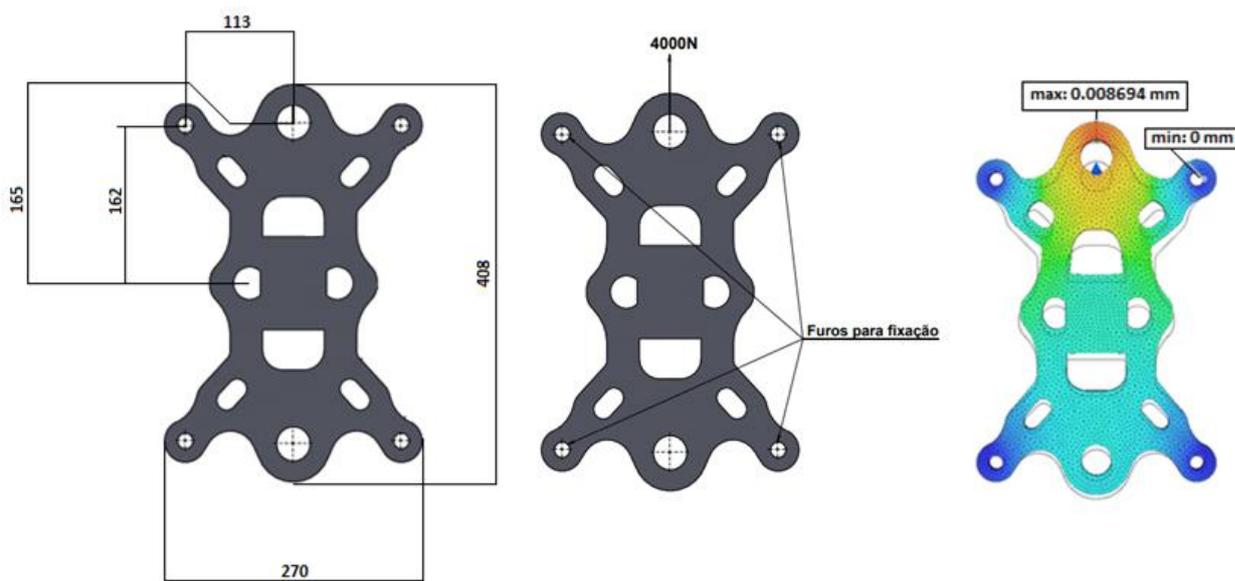
$$TDA = 3264,77N$$

Seguindo os estudos a respeito das análises realizadas anteriormente, reputou-se que seria fundamental realizar uma simulação com uma placa base. A simulação estrutural da placa base, foi realizada considerando o equilíbrio estático da estrutura, com restrições nos furos para fixação dos cabos. A carga aplicada foi de 4000N chegando a atingir tensão máxima de 17,96 MPa, o tamanho do

elemento foi de 5mm e o deslocamento (deformação) máximo foi de 0,008694mm. A figura 7 apresenta a placa base e a simulação realizada na mesma.

Figura 7

Simulação em elementos finitos da solução proposta para o sistema ancoragem



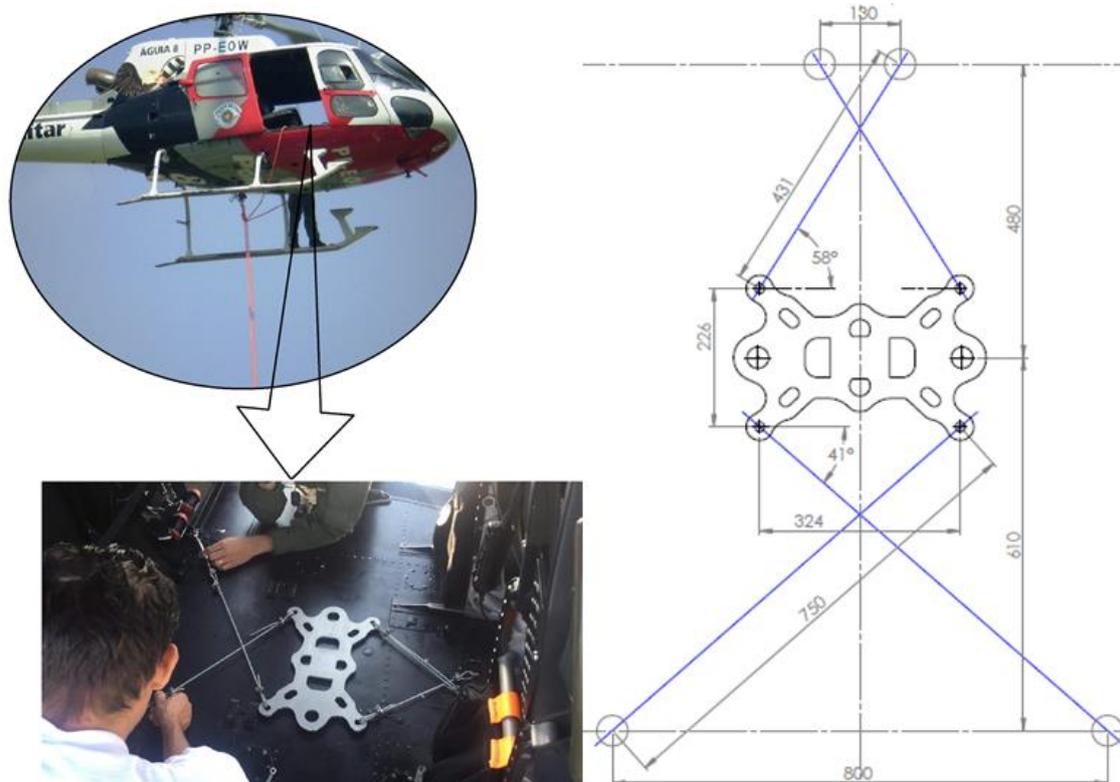
Fonte: Os autores.

Os aços inoxidáveis austeníticos tradicionais apresentam no estado recozido, limite de escoamento na faixa de 200 a 250 MPa e limite de resistência à tração na faixa de 450 a 750 MPa e em temperatura ambiente (Padilha e Guedes, 1994). Na simulação de esforços realizada para uma carga de 4000, o dispositivo projetado suportará a aplicação da tensão, visto que a tensão máxima foi de 17,96 MPa. Portanto, constatou-se que todos os aços inoxidáveis disponíveis no mercado, suprem a necessidade do projeto.

As análises finais, representam extrema importância para tomar conclusões sobre o funcionamento do dispositivo e sua aptidão para ser utilizado. Nesse sentido, o teste para validação em campo, serviu para confirmar tais lacunas. Segue conforme figura 8, a montagem do dispositivo desenvolvido, na base do helicóptero e o posicionamento da placa na aeronave, fixada através de cabos nos pontos 1, 2, 3 e 4, resultando nos ângulos dos cabos entre a placa e direção da carga. Os comprimentos dos cabos estão identificados pelas cotas de 431 e 750mm.

Figura 8

Representação esquemática da validação da solução em campo



Fonte: Os autores.

4 Considerações finais

O grande desafio de muitas empresas no ramo de desenvolvimento de produto, está muitas vezes, na maneira como organizar produtivamente os processos de trabalho, de modo que o produto final, corresponda a uma solução que seja condizente com as necessidades impostas, e que além disso assuma o dever de tornar o produto cada vez mais seguro. De forma a garantir o pleno funcionamento e principalmente manter os profissionais envolvidos longe de problemas indesejados. Portanto, essa pesquisa validou a importância de seguir de maneira progressiva as etapas de desenvolvimento do produto, procurando estruturá-las e integrá-las na medida do possível, com outras metodologias e sistemas. Nesse sentido, a integração das metodologias do PDP, com o sistema CAx, possibilitou contribuições dos sistemas computacionais com as etapas de produção do produto.

É notório neste trabalho, a relevância da utilização dos softwares de modelagem e outros meios, para realização de simulações funcionais do dispositivo. Vale destacar que essas simulações foram fundamentais para superar bloqueios concepcionais do projeto e auxiliaram de maneira satisfatória as escolhas para melhor dimensionar e estruturar o dispositivo em construção. Da mesma forma, recebem



mérito, os softwares de desenho 2D, destacando-se logo nas análises preliminares das concepções do projeto.

Diante da escassez de bibliografias voltadas ao desenvolvimento de produtos no setor de aviação, espera-se que o presente material possa prover contribuições relevantes, não se limitando apenas a servir como referencial teórico, mas ajudar a difundir a temática de desenvolvimento de produto, fornecendo ferramentas impactantes a produção estratégica de produtos e soluções na aviação militar.

Além disso, aspira-se a possibilidade do dispositivo desenvolvido no corrente artigo ser produzido em maior escala, de modo a beneficiar todas as forças de segurança pública do Brasil.

Portanto, as medidas descritas no presente trabalho, foram fundamentais para garantir um produto final plenamente satisfatório e eficaz, no que tange seu funcionamento.

Referências

- Al-Ashaab, A., Matic, G., Usama, A., Muhammad, K., Jon, P., Alberto, A., Alejandro, P., Pablo, G., Asier, O., Sivatharan, k., Gabriel, M., Essan, S., Agota, B., Badr, H., Mikel, S. & Amaia, S. (2013). The transformation of product development process into lean environment using set-based concurrent engineering: a case study from an aerospace industry. *Concurrent Engineering*, 21(4), 268-285, <http://dx.doi.org/10.1177/1063293x13495220>.
- Carmona Marques, P. (2021). A model for fostering creativity in the product development process. *International Journal of Design Creativity and Innovation*, 9(2), 103-118. <https://doi.org/10.1080/21650349.2021.1888807>
- Christensen, R. E., Ottosen, C. I., Sonne, A., Noernberg, B., Juul, A. H., Steinmetz, J., & Rasmussen, L. S. (2021). *Search and Rescue Helicopters for Emergency Medical Service Assistance: A Retrospective Study*. *Air Medical Journal*. <https://doi.org/10.1016/j.amj.2021.03.001>
- de Guimarães, J. C. F., Severo, E. A., Jabbour, C. J. C., de Sousa Jabbour, A. B. L., & Rosa, A. F. P. (2021). The journey towards sustainable product development: why are some manufacturing companies better than others at product innovation?. *Technovation*, 103, 102239. <https://doi.org/10.1016/j.technovation.2021.102239>
- Elvik, R. (2002). Cost-benefit analysis of ambulance and rescue helicopters in Norway: reflections on assigning a monetary value to saving a human life. *Applied health economics and health policy*, 1(2), 55-63.
- Favi, C., & Campi, F. (2021). CAD-based design for welding (DFW) method. *International Journal on Interactive Design and Manufacturing (IJIDeM)*, 15(1), 95-97. <https://doi.org/10.1007/s12008-020-00727-z>
- Fung, Y. N., Chan, H. L., Choi, T. M., & Liu, R. (2021). Sustainable product development processes in fashion: Supply chains structures and classifications. *International Journal of Production Economics*, 231, 107911. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2020.107911>

- Kechinski, C., Faccio, K., Rosa, L., & Echeveste, M. (2010). Análise do modelo de desenvolvimento de produto de uma empresa fabricante de produtos e soluções para o setor automotivo. *Exacta*, 8(1), 81-88. <https://doi.org/10.5585/exacta.v8i1.2024>
- Karatas, M., Razi, N. & Gunal, M.M. (2017). An ILP and simulation model to optimize search and rescue helicopter operations. *J Oper Res Soc* 68, 1335–1351 . <https://doi.org/10.1057/s41274-016-0154-7>
- Lopes, I. F., Beuren, I. M. & Martins, G. D. (2017). Alinhamento entre Uso de Instrumentos do Sistema de Controle Gerencial e Inovação de Produtos e Processos. *Revista Organizações em Contexto*, 14(27), 1-27. <http://dx.doi.org/10.15603/1982-8756/roc.v14n27p1-27>.
- Lyu, C., Zhang, F., Ji, J., Teo, T. S., Wang, T., & Liu, Z. (2022). Competitive intensity and new product development outcomes: The roles of knowledge integration and organizational unlearning. *Journal of Business Research*, 139, 121-133. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2021.09.049>
- Mair, P., Frimmel, C., Vergeiner, G., Hohlrieder, M., Moroder, L., Hoesl, P. & Voelckel, W. (2013). Emergency medical helicopter operations for avalanche accidents. *Resuscitation*, 84(4), 492-495. <http://dx.doi.org/10.1016/j.resuscitation.2012.09.010>.
- Meadley, B., Bowles, K. A., Smith, K., Perraton, L., & Caldwell, J. (2021). Defining the characteristics of physically demanding winch rescue in helicopter search and rescue operations. *Applied Ergonomics*, 93, 103375. <https://doi.org/10.1016/j.apergo.2021.103375>
- Organização para a Cooperação e desenvolvimento econômico - OCDE. (2006). *Manual de Oslo - diretrizes para coleta e interpretação de dados sobre inovação*. (3a ed.). Brasília: FINEP.
- Padilha, A. F., & Guedes, L. C. (1994). *Aços inoxidáveis austeníticos: microestrutura e propriedades*. São Paulo: Hemus.
- Pasquier, M., Geiser, V., Riedmatten, M. de. & Carron, P. N. (2012). Helicopter rescue operations involving winching of an emergency physician. *Injury*, 43(9), 1377-1380. <http://dx.doi.org/10.1016/j.injury.2011.06.196>.
- Rozenfeld, H., Amaral, D. C., Toletto, J. C. de., Forcellini, F. A., Silva, S. L. da., Alliprandini, D. H. & Scalice, R. K. (2006). *Gestão de desenvolvimento de produtos: uma referência para melhoria do processo*. (1a ed.). São Paulo: Saraiva.
- Sampaio, P. S., Gayer, J. A. C. A., Tamachiro, T. S. O., Oliveira, F. R., & Marques, M. A. M. (2021). Desenvolvimento de produto: uma aplicação na elaboração de um aplicativo para cálculo de material na produção de concreto. *Exacta*, 19(4), 805-816. <https://doi.org/10.5585/exactaep.2021.14741>
- Varl, M., Duhovnik, J., & Tavčar, J. (2022). Customized product development supported by integrated information. *Journal of Industrial Information Integration*, 25, 100248. <https://doi.org/10.1016/j.jii.2021.100248>
- Souza, F. B. de. & Moraes, A. A. C. de. (2016). Análise da aplicação da gestão de projetos por corrente crítica no processo de desenvolvimento de produtos e na gestão de portfólio de um fabricante de aeronaves. *Gestão & Produção*, 23(3), 473-485. <http://dx.doi.org/10.1590/0104-530x1953-15>