

APRENDIZAGEM BASEADA EM PROBLEMAS NAS AULAS DE CAD/CAE/CAM NO CURSO DE ENGENHARIA MECÂNICA

Daniel Fritzen – daniel.fritzen@satc.edu.br

Anderson Daleffe – anderson.daleffe@satc.edu.br

Rosemere Damasio Bard – rosemere.bard@satc.edu.br

Faculdade SATC, Departamento de Engenharia Mecânica

Rua Pascoal Meller, 73 – Bairro Universitário

88805-380 – Criciúma – SC

Resumo: Este artigo objetiva apresentar um relato de experiência docente referente a aplicação da Aprendizagem Baseada em Problemas (ABP), na disciplina de CNC CAD/CAM do curso de Engenharia Mecânica da Faculdade SATC, sediada em Criciúma/SC. O referido trabalho descreve metodologicamente a forma de condução do ABP, explicitando quais as metas e restrições do projeto considerando as tecnologias CAD/CAE para o projeto, e a tecnologia CAM para a manufatura, bem como a maneira que ocorreu o processo avaliativo, seus resultados quantitativos, assim como também o resultado de um questionário com questões fechadas aplicado aos estudantes após a aplicação da ABP. Além do êxito técnico atingido pelas equipes na resolução dos problemas CAD/CAE/CAM, o envolvimento entre os alunos na resolução dos problemas foi imperativo. A prática do ABP proporciona ao acadêmico o espaço para desenvolver a argumentação na equipe, defendendo suas ideias, mas ao mesmo tempo promovendo autocrítica e o julgamento ético e imparcial dos outros membros da equipe, quanto suas participações na resolução das atividades do trabalho.

Palavras-chave: Metodologias Ativas. CAD/CAM/CAE. Engenharia.

1 INTRODUÇÃO

A educação é por vezes citada como o principal agente transformador de uma sociedade, e neste caso, potências econômicas altamente desenvolvidas tecnologicamente, como Japão e Coreia do Sul, são mencionados como bons exemplos. Aliado a este aspecto, a aproximação da universidade com as demandas da sociedade é fundamental para o desenvolvimento tecnológico de uma região, e até de uma nação. Especificamente, a área das engenharias possui um papel preponderante na transformação das sociedades, pois, grande parte dos desenvolvimentos tecnológicos nascem nesta área.

Neste contexto, cabe as universidades prover a melhor formação para os futuros engenheiros, formando um perfil de egresso moderno e flexível, condizente com as demandas atuais do mercado profissional. Maraghy (2011), comenta que a sociedade é um complexo sistema de interações, e por conta disso, os cursos superiores precisam preparar seus discentes para tal, principalmente os cursos de Engenharia.

As empresas estão inseridas em um ambiente altamente competitivo, obrigando-as a desenvolver estratégias que proporcionem a continuidade do negócio, atendendo as necessidades e os anseios de seus clientes, como produtos de qualidade, custos reduzidos e

prazos de entrega menores ainda (OLIVEIRA, KACH, *et al.*, 2014). Esta competitividade do mundo capitalista tem que ser assimilada pelos educandos durante os anos na universidade, para que possam entrar no mercado de trabalho sabendo o que os espera.

Com este desenvolvimento tecnológico acelerado, docentes e discentes de Engenharia são colocados perante o desafio de acompanhar esses desenvolvimentos adequadamente, o que exige o incremento de competências transversais e de autoaprendizagem, e este crescente desenvolvimento tecnológico impele os futuros engenheiros a desenvolver uma perspectiva mundial, não apenas local, recaindo as Instituições de Ensino Superior (IES) assumir este papel transformador (HATTUM, OLIVEIRA e WILLIAMS, 2013).

Tradicionalmente, a metodologia de ensino é baseada em um modelo em que o professor expõe o conhecimento em uma sala de aula e o educando simplesmente o absorve da melhor maneira que puder (método passivo). Entretanto, nas últimas décadas, com os avanços das teorias de aprendizagem, as metodologias deixam de focar no ensino para focar na aprendizagem, dando origem às Metodologias Ativas de Aprendizagem (MAA), onde, de modo geral, se busca o desenvolvimento de competências e habilidades, em especial a capacidade de resolução de problemas de forma estruturada e formal, pelo aluno (CASTELAN e BARD, 2018).

Neste contexto de preparar adequadamente o perfil de egresso para o mercado de trabalho atual – flexível e mutante – a Faculdade SATC adota sua função de IES transformadora na formação dos futuros engenheiros, por meio do emprego das Metodologias Ativas de Aprendizagem nas aulas, pois acreditam que esta nova proposta de metodologia de aprendizagem auxilia o professor neste contexto de transformação do aluno, oportunizando formas mais dinâmicas de aprendizagem, tornando-a perene, proporcionando mais significado as informações discutidas em aula, fazendo com que o ensinamento não seja apenas entendido, mas aprendido e utilizado de fato (CASTELAN e BARD, 2018).

Desta forma, por meio do Grupo de Prática Ativas (GPA), a Faculdade SATC implementou as Metodologias Ativas de Aprendizagem em toda a instituição, apoiada consistentemente em pesquisas científicas, como a promoção de uma metodologia de contínua aproximação dos conteúdos de sala com o a realidade profissional, buscando prover profissionais criativos, críticos e que saibam colaborar em equipes de trabalho (FURTADO, 2013), aplicando tecnologia à educação, visando o desenvolvimento de qualidade no processo de ensino-aprendizagem, para melhor atender as necessidades de aprendizagem dos acadêmicos (MUNHOZ, 2014). Todavia, diante das diversas e distintas possibilidades de formas de trabalhar com esta nova proposta de metodologia de aprendizagem, a Aprendizagem Baseada em Problemas (ABP) foi a escolhida pela IES, pois, proporciona o desenvolvimento dos conhecimentos, atitudes e habilidades que são tão importantes para a formação profissional de forma integrada, aproximando conhecimento acadêmico à prática profissional (RIBEIRO, 2010) (FERRAZ e BELHOT, 2010).

Muito embora, num passado próximo, o referido autor já tenha socializado uma prática de ensino diferente da convencional, onde relata uma metodologia de ensino de *software* CAD (*Computer Aided Design*) e CAM (*Computer Aided Manufacture*) contextualizada (simulando alguns processos de fabricação usados na indústria metalomecânica), para alunos de Engenharia Mecânica, enfatizando as características inerentes de processos fabris convencionais, como fresamento e torneamento, ponderando com os alunos quão factível é a fabricação de uma determinada peça, segundo suas características geométricas e os equipamentos de manufatura que se tem a disposição (FRITZEN e CASTELAN, 2011), o trabalho atual discute a utilização da ABP como ferramenta de aprendizagem, para alunos de Engenharia Mecânica, apresentando

resultados quantitativos, pautados nos critérios de avaliação e o feedback a partir de um questionário respondido pelos alunos, após a realização do trabalho proposto e da discussão dos resultados alcançados por eles.

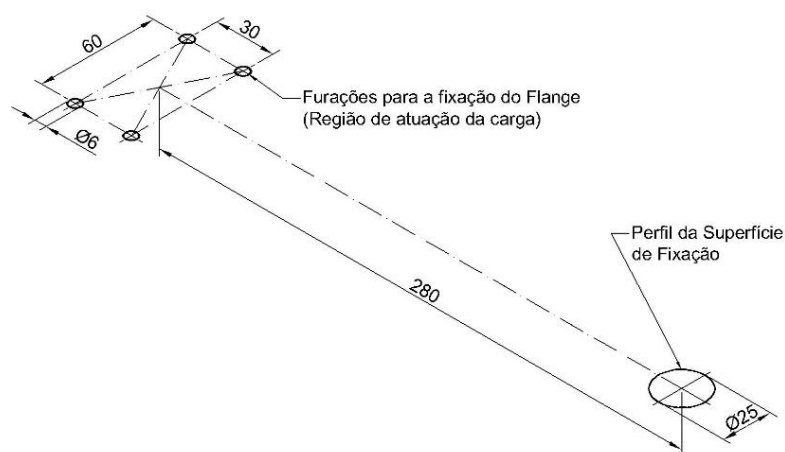
Neste caso, o conteúdo de CAE (*Computer Aided Engineering*) fica em evidência no referido trabalho, haja vista, como discutido por Perez *et al* (2017), que a utilização de softwares que possibilitem modelar e simular a realidade para uma da finalidade que esteja sendo projetada, resulta na antecipação de dados importantes para tomadas de decisão, diminuindo riscos e perda de capital, assim como um melhor entendimento do referido projeto.

2 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Nesta seção, será apresentada a aplicação da metodologia Aprendizagem Baseada em Problemas, desenvolvida nas três últimas semanas de aula do primeiro semestre junto aos alunos matriculados na disciplina de CNC CAD/CAM da 7ª Fase do curso de Engenharia Mecânica. Tendo como contexto da problemática, a seleção de novos materiais para fabricação de peças para a fabricação de aeronaves, visando requisitos técnicos melhores e confiáveis, mas com menor massa possível, com a necessidade de minimizar gastos com combustível e melhorar o desempenho dessas aeronaves leva ao uso de um material mais leve.

Como objetivo geral dessa aplicação, os acadêmicos organizados em equipes de três membros, precisavam desenvolver um projeto (Braço Cilíndrico Móvel) integrando as tecnologias CAD/CAE/CAM, por meio dos *softwares* Solidworks® 2015 e EdgeCAM 2016 R1®, considerando aspectos funcionais, estruturais e de fabricação, a ser utilizado como componente estrutural de um avião comercial. Como ponto de partida, os acadêmicos receberam um esboço com dimensões primordiais, e não mutáveis, de onde toda a solução proposta deveria ser desenvolvida (Figura 1)

Figura 1 – Dimensões do esboço base para a resolução do ABP.



Fonte: O Autor.

Adicionalmente às informações da Figura 1, o processo de fabricação considerado foi por fresamento em um Centro de Usinagem CNC de 3 eixos, em até duas etapas de trabalho, com todas as ferramentas e parâmetros previamente definidos. Qualquer material metálico poderia ser considerado como matéria prima para este projeto, contudo, o projeto deveria suportar uma carga de 28 kgf, se apresentar deformação plástica, tão pouco uma fratura.

No modelamento CAD/CAE, como metas do projeto, os acadêmicos tiveram que considerar o menor valor de massa, o Fator de Segurança (FS) igual ou superior a 5, e a Flecha menor ou igual a 0,20 mm. Para a elaboração da sequência de usinagem no software CAM, a meta era o menor tempo de usinagem possível.

O fato interessante na resolução do trabalho, foi a forma como os critérios de avaliação foram apresentados, pois, cada indicador solicitado foi ranqueado. Desta forma, sobre o projeto CAD/CAE, o valor de massa correspondia a 50% do valor da nota, onde o menor valor de massa, correspondia ao maior valor de nota. O valor do Fator de Segurança correspondia a 30% do valor da nota, onde o maior valor de FS, correspondia ao maior valor de nota. O valor da Flecha correspondia a 20% do valor da nota, onde o menor valor dela, correspondia ao maior valor de nota. Finalizando, sobre o projeto CAM, quanto menor o tempo de usinagem, maior valor de nota.

Para análise da experiência, considerou-se os dados quantitativos obtidos a partir do processo avaliativo em função dos critérios descritos acima e de um questionário com questões fechadas aplicado aos alunos por meio do aplicativo Formulário, do Office 365 da Microsoft, sobre o nível prévio de conhecimento a cerca da disciplina, sobre o aumento das habilidade e competências neste software com a realização do trabalho, e sobre a satisfação em relação a forma que a ABP foi planejada e executada.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

O fato da proposta inicial do trabalho ser mal estruturada (Figura 1), possibilitou as equipes a autonomia de criação de geometrias singulares (Figura 2), respeitando as metas e limites do projeto, mas também, oportunizou a discussão entre os membros da equipe, onde formas melhores de conceber determinadas geometrias eram discutidas, bem como, a busca por novos recursos CAD não utilizados em aula eram realizadas, afim de otimizar o projeto e seus resultados finais.

Figura 2 – Modelos dos projetos desenvolvidos durante o ABP.

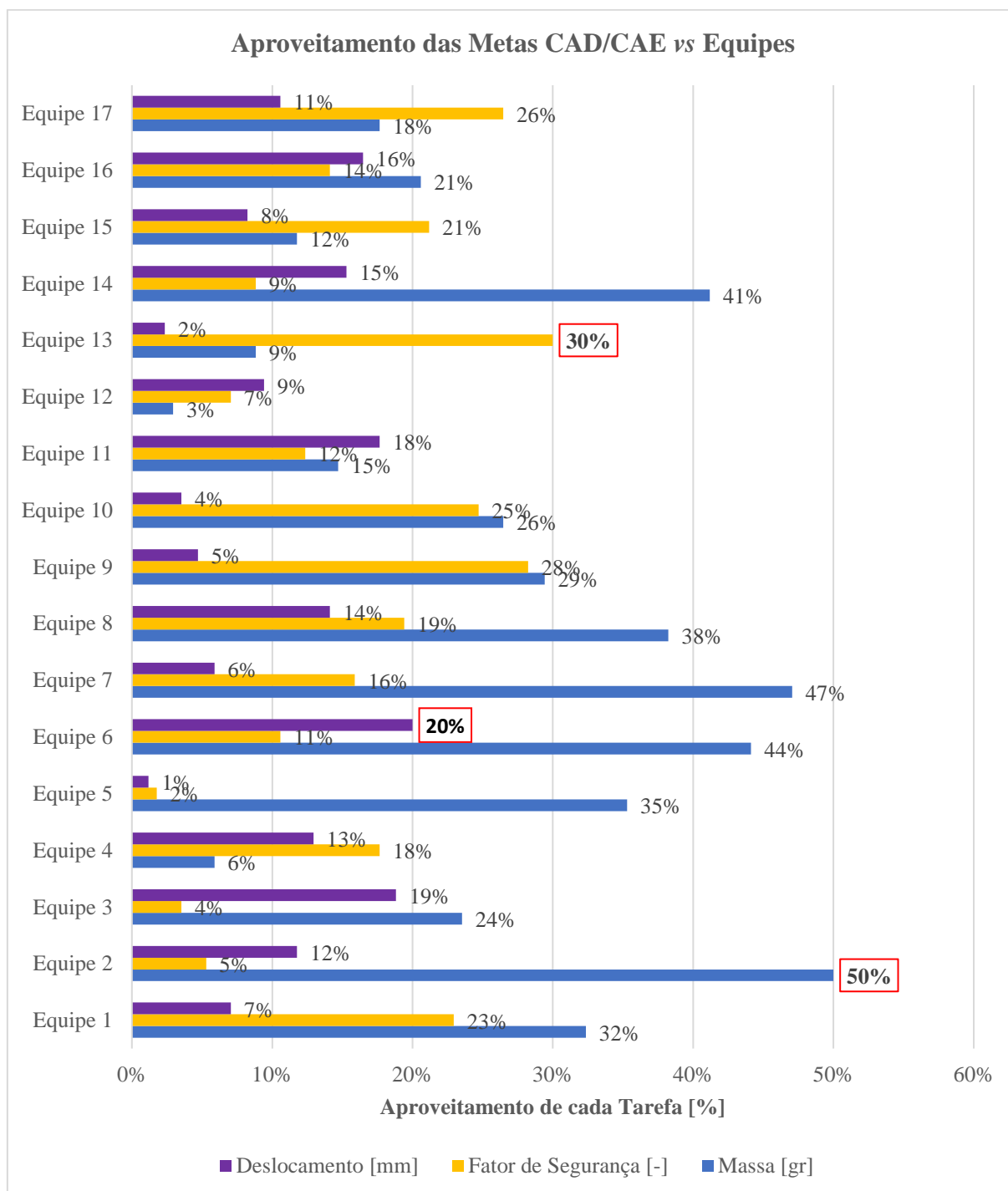


Fonte: O Autor.

Após a análise CAD, no que tange o correto emprego dos recursos do software e a observância dos limites geométricos impostos ao trabalho, todos os projetos foram avaliados segundo as metas discutidas no ABP.

A Figura 3 ilustra o aproveitamento das metas (Massa, Fator de Segurança e Flecha) resultantes de cada projeto realizado. Neste caso, fica evidente que nenhuma equipe conseguiu atingir com êxito as três metas especificadas simultaneamente.

Figura 3 – Gráfico das metas separadas de CAD/CAE dos projetos desenvolvidos durante o ABP.



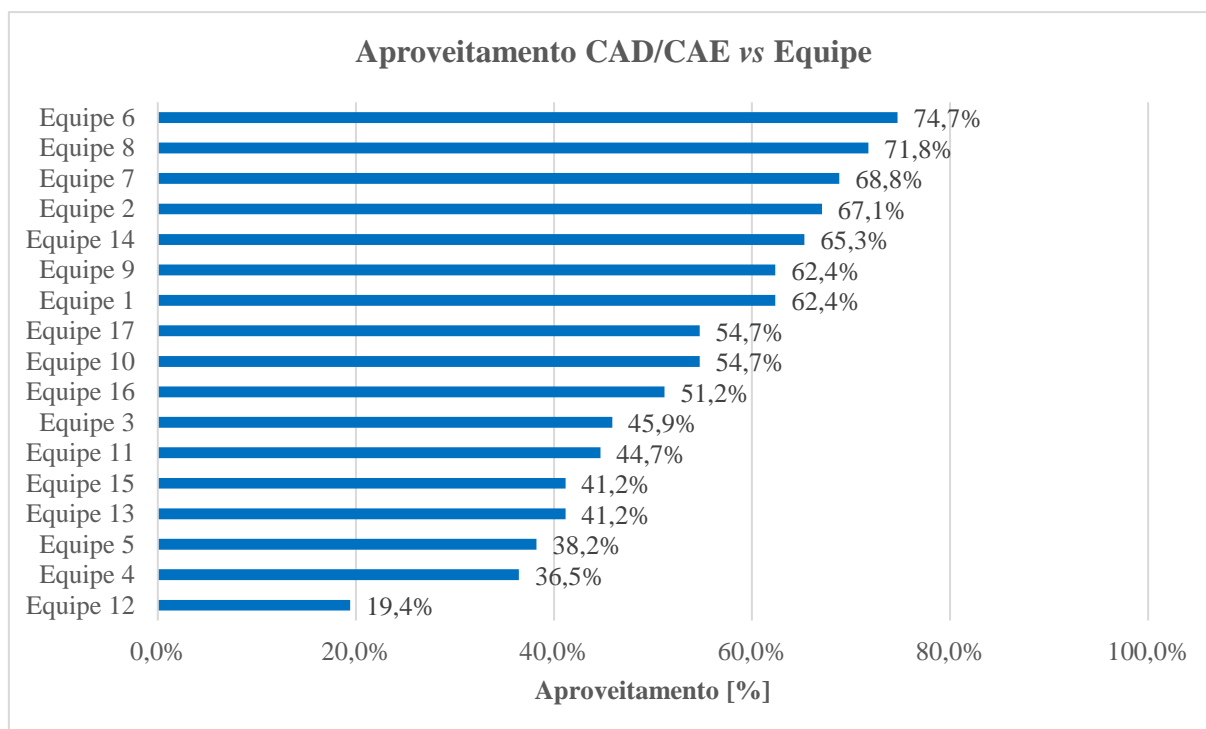
Fonte: O Autor.

Analisando separadamente cada meta projetada, se observa que a Equipe 2 projetou a peça com a menor massa, resultando nos 50% do valor da nota total, com 127,49 gramas, enquanto o pior caso apresentou 1.048,83 gramas. Todavia, seu desempenho no segundo critério de avaliação, o Fator de Segurança resultou em 7% do valor da nota total, superando apenas as equipes 3 e 5 neste quesito. Enquanto que no critério de avaliação sobre a Flecha, a Equipe 2 atingiu 12% do valor da nota total. Desta forma, em termos de nota final no projeto CAD/CAE, somando os aproveitamentos dos três critérios de avaliação descritos, a Equipe 2 atingiu 67,1% da nota total, configurando no quarto lugar geral.

Sobre o aspecto do melhor Fator Segurança projetado, a Equipe 13 sobressaiu-se em relação as demais, atingindo os 30% do valor da nota total, com FS=52, enquanto o pior caso válido apresentou FS = 5. Porém, no critério de massa, atingiu apenas 9% do valor da nota total, sendo o segundo pior resultado neste indicador, com 930,60 gr. No critério da Flecha mínima, o valor máximo admissível para o projeto 0,2 foi atendido, mas ficou como a maior flecha, logo, o menor aproveitamento de nota, apenas 2% do valor da nota total. Desta forma, em termos de nota final no projeto CAD/CAE, somando os aproveitamentos dos três critérios de avaliação descritos, a Equipe 13 atingiu 41,2% da nota total, configurando na décima terceira posição do ranking.

Sobre o aspecto da melhor Flecha projetada, a Equipe 6 destacou-se em relação as demais, atingindo os 20% do valor da nota total, com 0,046 mm de Flecha, enquanto o pior caso válido apresentou os 0,20 mm permitidos. No indicador de massa, o valor 164,74 gr garantiu o terceiro melhor resultado, atingindo 44% do valor da nota total, enquanto no Fator de Segurança, o valor de 7,5 não resultou num melhor aproveitamento deste indicador, resultando em apenas 11% do valor da nota total. Entretanto, como resultado do projeto CAD/CAE, a Equipe 6 atingiu 74,7% do valor de nota previsto, configurando como a primeira equipe na classificação geral. Os valores de aproveitamento total de cada equipe são apresentados na Figura 4.

Figura 4 – Gráfico do aproveitamento total das metas CAD/CAE do projeto desenvolvidos durante o ABP.

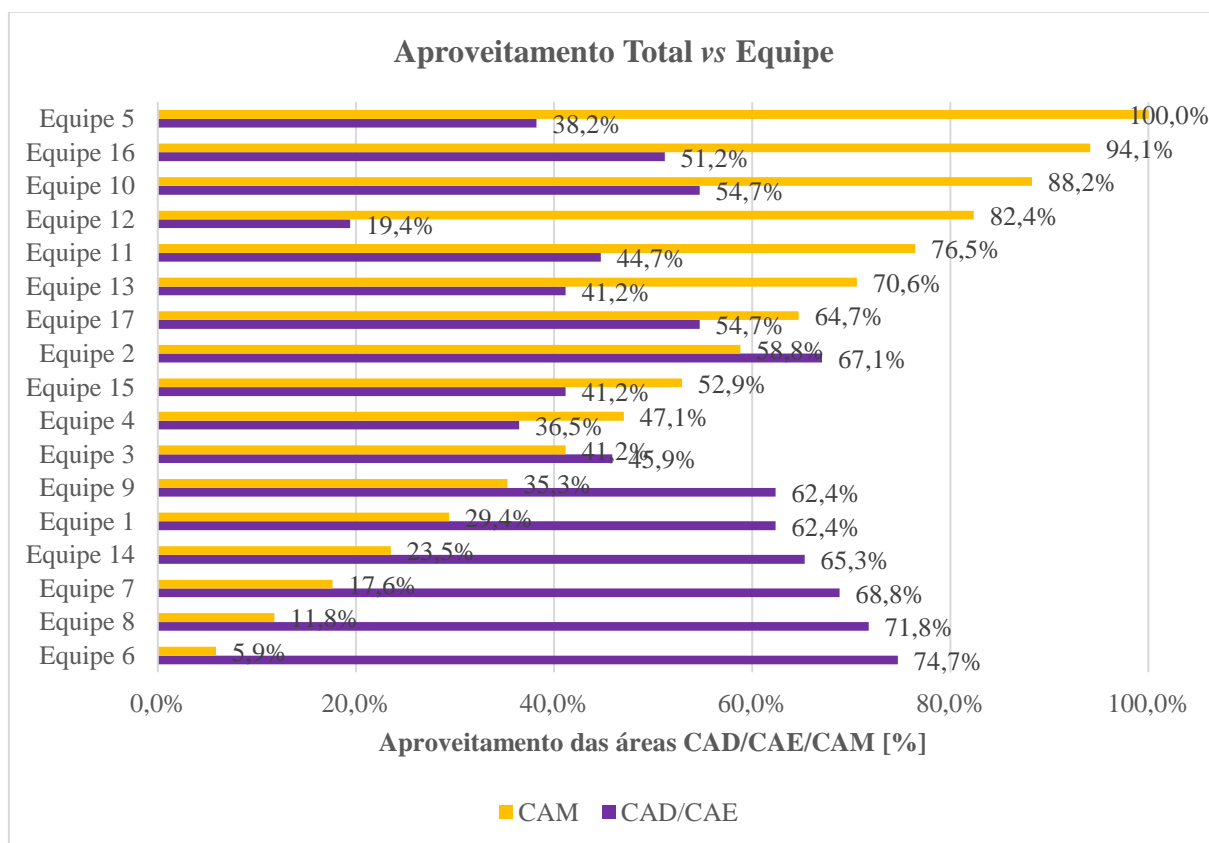


Fonte: O Autor.

A partir da avaliação formativa, observou-se que a discrepância em alguns resultados se deu pela falta de empenho dos integrantes das equipes com os piores aproveitamentos, em função de um bom aproveitamento nas primeiras avaliações do semestre, e em alguns casos, por desempenharem profissionalmente funções que utilizavam os softwares CAD/CAM, e assim, não esvaindo as possibilidades de melhoria na geometria, ou optando por uma resolução mais rápida, e assim, utilizando o tempo restante para outras atividades. Contudo, nos resultados mais expressivos, se observou mais afinco dos acadêmicos, principalmente por estarem na posição inversa dos acadêmicos mencionados anteriormente, ou seja, mau aproveitamento nas primeiras avaliações do semestre e o desconhecimento dos softwares CAD/CAM.

Confrontando os resultados avaliados de CAD/CAE com os resultados de CAM, se observa uma nítida inversão dos valores na maioria dos casos, ou seja, as equipes que não apresentaram um bom desempenho no projeto CAD/CAE, foram melhores no projeto CAM, devido ao fato da geometria projetada necessitar de apenas uma etapa de usinagem. Inversamente a esta condição, as equipes que se propuseram a ter um resultado CAD/CAE melhor do que as demais, inevitavelmente precisaram de duas etapas de usinagem, aumentando o tempo de manufatura. A Figura 5 apresenta os dados CAD/CAE em função do aproveitamento CAM pelas equipes.

Figura 5 – Gráfico dos resultados dos Fatores de Segurança dos projetos desenvolvidos durante o ABP.

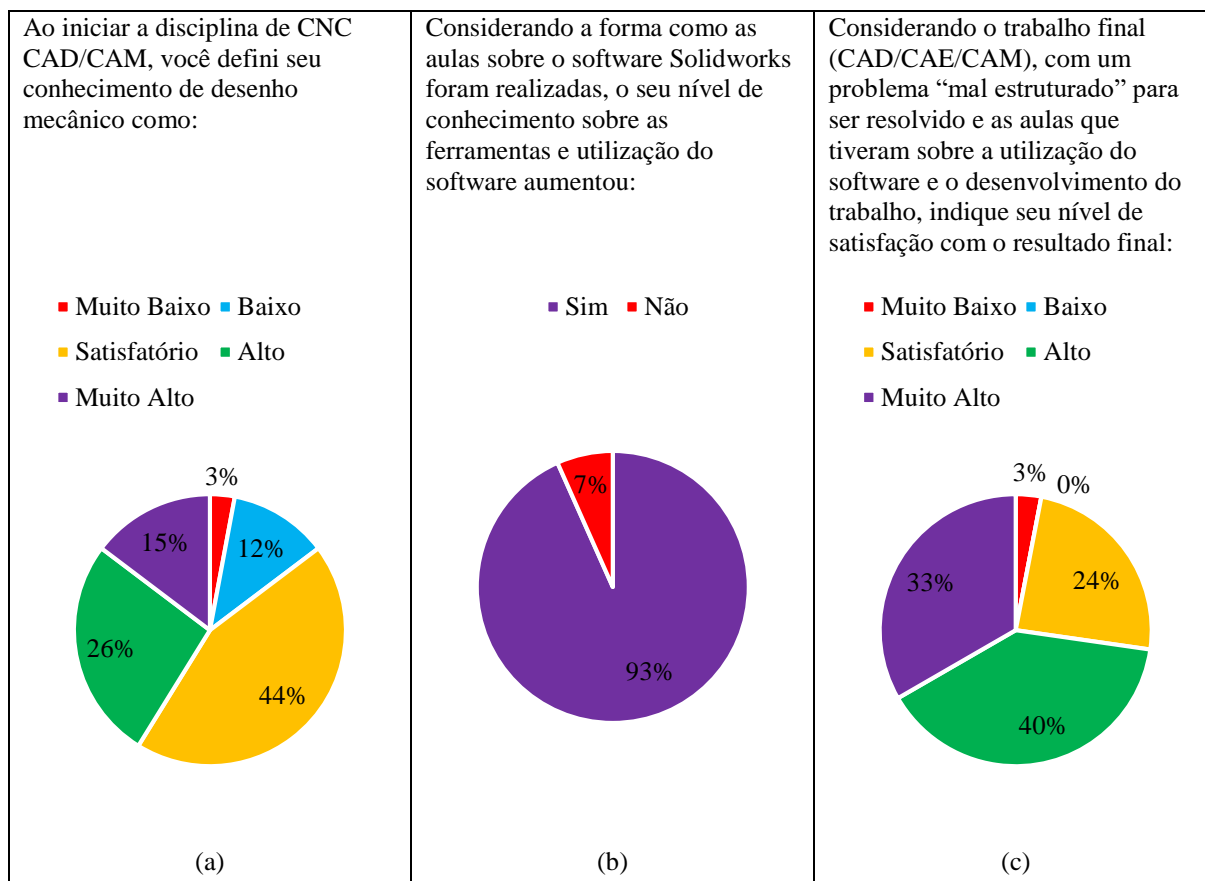


Fonte: O Autor.

Como indicado anteriormente no capítulo dos Procedimentos Metodológicos, ao final da realização o ABP, os alunos responderam um questionário online, acerca dos conhecimentos prévios, suas percepções sobre os novos conhecimentos desenvolvidos na disciplina e suas satisfações com os resultados do trabalho. A Figura 6a apresenta o resultado da pesquisa sobre a primeira pergunta, referente aos conhecimentos prévios sobre desenho mecânico (leitura e

interpretação), não associando à aplicação dos softwares CAD/CAM especificamente. Na Figura 6b, os resultados apresentados refletem o nível de satisfação que o acadêmico atingiu, perante o quanto ele percebeu de evolução nos conhecimentos correlatos que tinha no começo do semestre. Concluindo, a Figura 6c ilustra o nível de satisfação que os acadêmicos tiveram, perante a metodologia de ABP adotada para este trabalho, considerando que não tinham tido experiência similar ainda.

Figura 6 – Gráfico dos resultados qualitativos sobre os projetos desenvolvidos durante o ABP.



Fonte: O Autor.

Todavia, as discussões sobre as informações apresentadas na Figura 6, são mais significativas incorporando a avaliação formativa durante a realização do ABP.

Neste caso, na Figura 6a, excetuando os 15% dos acadêmicos referentes ao indicador Muito Alto, que efetivamente desempenham profissionalmente funções correlatas aos conteúdos trabalhados no ABP, os demais acadêmicos possuíam pouco conhecimento ou nada sobre os softwares Solidworks e EdgeCAM, mas tinham habilidades e competências suficientes para leitura e interpretação dos desenhos mecânicos trabalhados em aula, o que explica os 93% de concordância da Figura 6b. Adicionalmente a esta observação, percebe-se que parte dos discentes contidos no 15% da Figura 6a, mesmo com atuação profissional nesta área, agregaram novos conhecimentos e habilidades. O alto índice de satisfação (97%) apresentado na Figura 6c reflete a motivação vista durante as aulas, além dos comentários relatados pelos próprios alunos, como, “me sinto um engenheiro de verdade”, em virtude de estar projetando algo em função de metas e restrições, e não apenas desenhando algo gratuitamente. De modo geral, este comentário foi uma definição praticamente homogênea para as equipes.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Como todo processo avaliativo, seja a partir da avaliação somativa ou formativa, a discussão entre docentes e discentes envolvidos no processo é importante, pois, o docente consegue avaliar quão eficiente e eficaz são suas aulas, ou a forma de metodologia de ensino empregada, servindo de balizador para alterações ou melhorias nos trabalhos posteriores. Para o discente, a importância de ter sua voz ouvida é singular, pois além do respeito à opinião do indivíduo, seus comentários refletem os percalços passados por ele durante as aulas, que neste caso, servem de indicadores ao professor. Ressalta-se aqui a importância de critérios de avaliação bem definidos, de uma planejamento e execução do ABP bem claro aos alunos.

O fato da proposta inicial do trabalho ser mal estruturada (Figura 1), possibilitou as equipes a autonomia de criação de geometrias singulares (Figura 2), respeitando as metas e limites do projeto, mas também, oportunizou a discussão entre os membros da equipe, onde formas melhores de conceber determinadas geometrias eram discutidas, bem como, a busca por novos recursos CAD não utilizados em aula eram realizadas, afim de otimizar o projeto e seus resultados finais. Outro aspecto a ser mencionado, com a realização do ABP, proporciona diferentes soluções válidas para o mesmo problema, o que fortalece as discussões em grupo.

Os resultados quantitativos refletiram o empenho e entusiasmo das equipes. Todavia, a constante motivação para a realização do ABP, por conta do professor é importante para o acadêmico, pois é nítida a percepção no acadêmico quando exposto à turma, como sendo o mentor da melhor solução até então, e assim, inapelavelmente, despertando o desejo das outras equipes em estar naquela posição de destaque. Obviamente que o fato da avaliação ser ranqueada influenciou na disposição da resolução dos problemas.

Agradecimentos

Os autores agradecem a Faculdade SATC pelo apoio técnico e financeiro para a realização deste trabalho.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

CASTELAN, J.; BARD, R. D. Implementação das Metodologias Ativas de Aprendizagem nos Cursos Presenciais de Graduação. **Revista Vincci**, Criciúma, v. 3, n. 1, p. 2-22, Janeiro 2018. ISSN 2525-6025.

FERRAZ, A. P. D. C. M.; BELHOT, R. V. Taxonomia de Bloom: revisão teórica e apresentação das adequações do instrumento para definição de objetivos instrucionais. **Gest. Prod.**, São Carlos, v. 17, n. 2, p. 421-431, 2010.

FRITZEN, D.; CASTELAN, J. Aulas de CAD/CAM Contextualizadas. **XX Simpósio Nacional de Geometria Descritiva e Desenho Técnico**, *Graphica*, p. 12, 2011.

FURTADO, A. F. **Um estudo sobre o desafio do ensino de engenharia frente aos problemas econômicos, energéticos e a sustentabilidade**. Anais: VII – Encontro de Pesquisa em Educação. Uberaba: [s.n.]. 2013.

HATTUM, N. V.; OLIVEIRA, J. M. N. D.; WILLIAMS, B. Investigação em Educação em Engenharia: Um Campo Emergente em Portugal. **Revista de Ensino de Engenharia**, v. 32, n. 2, p. 51-62, ISSN 0101-5001, 2013.

MARAGHY, W. H. E. Future Trends in Engineering Education and Research. **Advances in Sustainable Manufacturing: Proceedings of the 8th Global Conference on Sustainable Manufacturing**, p. 11-16, DOI 10.1007/978-3-642-20183-7_2, 2011.

MUNHOZ, A. S. Tecnologias educacionais. **Saraiva**, São Paulo, 2014.

OLIVEIRA, R. et al. Estudo da relação da competitividade na indústria de fundição de metais com a aplicação da tecnologia de simulação. **IX Workshop de Pós Graduação e Pesquisa do Centro Paula Souza**, p. 10p, 2014. ISSN ISSN: 2175-1897.

PEREZ, P. D. F. et al. **A Simulação como Ferramenta de Aprendizagem**. COBENGE: XLV Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia. Joinville: [s.n.]. 2017.

RIBEIRO, L. R. D. C. Aprendizagem baseada em problemas (PBL): uma experiência no ensino superior. **EduFSCar**, São Carlos, 2010.

PROBLEM BASED LEARNING IN THE CAD/CAE/CAM CLASSES IN THE MECHANICAL ENGINEERING COURSE

Abstract: *This article aims to present a teaching experience in which Problem Based Learning (PBL) was applied in the discipline of CNC, of the Mechanical Engineering course of the SATC, based in Criciúma/SC. This paper describes methodologically the way PBL was applied and it explains the goals and constraints of the project considering the CAD/CAE technologies for the project, and CAM technology for manufacturing, as well as the presentation of how the evaluation process was carried out, its quantitative results, and the results of a questionnaire of closed questions applied to students at the end of the PBL application. Besides the technical success achieved by teams in solving CAD/CAE/CAM problems, the involvement among students in solving problems was imperative. The practice of PBL provides the students the space to develop their argumentative skills by working in a team as they defend their ideas, but at the same time it promotes self-criticism and ethical and impartial judgment of the other team members, regarding their participation in the resolution of problem.*

Key-words: *Active Methodologies. CAD/CAM/CAE. Engineering.*