

# PROPOSTA DE MODELO PARA O ENSINO DE PROJETO EM ENGENHARIA

Marcos Alexandre Luciano<sup>1</sup>

## Resumo

O presente artigo tem como objetivo, a partir de modelos de processo de projeto de produtos, modelos de aprendizagem ativa associado a necessidades legais e industriais propor um modelo de ensino de projeto em engenharia, denominado de MEPEng. O modelo é baseado em 7 etapas macro, sendo 3 de responsabilidade do professor (condições de contorno iniciais; definição dos critérios de análise e avaliação; avaliação global) e 4 de responsabilidade dos acadêmicos (projeto informacional, conceitual, preliminar e detalhado). É apresentado um exemplo de aplicação do MEPEng no projeto de uma máquina dedicada à manufatura do “sistema regulador” pelos alunos na disciplina de projeto integrado do produto do 10º semestre do curso de engenharia mecânica da Universidade de Caxias do Sul. Por fim, são discutidos alguns resultados obtidos com o emprego do modelo, como por exemplo, o aluno como responsável pelo seu aprendizado e a competitividade entre as equipes que propiciam um ambiente adequado e fértil ao projeto em engenharia.

**Palavras-chave:** Ensino em engenharia; engenharia mecânica; projeto de produto.

## Abstract

This paper aims, from models of process of product design, active learning models associated with legal and industrial needs propose a teaching model design engineering. The model is based on 7 stages macro, and 3 of the teacher's responsibility (initial boundary conditions, defining the analysis and evaluation criteria; global assessment) and four academic responsibility (clarification of the task, conceptual, preliminary and detailed). A model of the application example in the design is presented in a machine dedicated to the manufacture of "regulatory system" for students in integrated design discipline of the product of the 10th half of the mechanical engineering course at the University of Caxias do Sul. Finally, we discuss some results obtained from the use of the model, such as the student as responsible for their learning and competitiveness among the teams that provide a suitable environment and fertile in to the design engineering.

**Keywords:** engineering education; mechanical engineering; product design.

## Introdução

Uma das atribuições mais nobres que definem um engenheiro se refere ao ato de projetar, que no âmbito da engenharia determina a busca por soluções para problemas, por meio de etapas organizadas e com a integração de uma equipe multidisciplinar.

O projeto de um produto requer competências e conhecimentos específicos para tratar com informações econômicas, de mercado, de clientes, de meio-ambiente, de processos de produção e distribuição, entre outras (PAHL; BEITZ, 1996; ULRICH; EPPINGER, 2004). Também se fazem necessárias capacidades para inovação, criatividade, intuição e motivação,

---

<sup>1</sup> Doutor em Engenharia de Produção pela Universidade Federal de Santa Catarina-UFSC; assessor da Pró Reitoria Acadêmica da Universidade de Caxias do Sul-UCS. E-mail: malucian@ucs.br.

bem como capacidade de comunicação e de relacionamento pessoal, principalmente para o trabalho em equipe. Essas capacidades se integram com aquelas de modelagem, análise, simulação e otimização, visando proporcionar a obtenção de soluções de alta qualidade e desempenho (BASSETO, 2004).

Em parte, essa capacitação é desenvolvida durante a formação acadêmica, contudo, de uma maneira geral não existe um método formalizado para ensinar a projetar em função, principalmente, da amplitude de conhecimentos necessários. O que se percebe é que existe uma tendência, nos cursos de engenharia, para a formação individual e especializada, ficando em segundo plano a formação associada a criatividade e ao trabalho em equipe.

Diante desse cenário, este trabalho visa contribuir com uma experiência para o ensino de “projetar” nos cursos de engenharia, em especial na engenharia mecânica. É apresentado o modelo de ensino adotado na disciplina de Projeto Integrado do Produto do 10º semestre do Curso de Engenharia Mecânica da Universidade de Caxias do Sul. Inicialmente são apresentados conceitos teóricos que balizam o método proposto como, por exemplo: o processo de projeto de produtos e modelos de aprendizagem ativa. Na sequência é apresentado o método proposto denominado de Modelo de Ensino de Projeto em Engenharia (MEPEng) e todas suas etapas. Posteriormente é apresentado um estudo de caso que compreende a aplicação do MEPEng na disciplina de Projeto Integrado do Produto. Por fim, são feitas algumas discussões acerca dos resultados obtidos.

## **1 Engenharia e a Sociedade**

A Engenharia é determinante para o desenvolvimento econômico, alicerçando a criação e a produção de bens de valor agregado fazendo a diferença na balança comercial de um país. A capacidade de inovação depende de vários fatores, entre eles a existência e a qualidade de engenheiros. Com a rápida evolução da tecnologia e a conseqüente obsolescência das existentes, a formação do engenheiro deve privilegiar os conteúdos essenciais, ensinando-o a se adaptar rapidamente aos novos conhecimentos e técnicas.

O diretor do Programa do Milênio das Nações Unidas, Jeffrey D. Sachs, diz que os desafios da América Latina são a desigualdade social, a estagnação econômica e choques na interação entre o homem e a ecologia. Somente as Ciências Exatas, a Engenharia e a Tecnologia podem enfrentar estes problemas, mas, ao contrário da Ásia, a América Latina não promoveu as políticas necessárias (INOVA ENGENHARIA, 2006; MACIENTE; ARAÚJO, 2011; VILLASBOAS; MARTINS, 2012).

A Resolução nº 11/2002 (CFE/CES) estabeleceu as Diretrizes Curriculares Nacionais dos Cursos de Graduação em Engenharia, atualmente vigentes no Brasil. De acordo com o Art. 3º, a formação do engenheiro deve ser generalista, humanista, crítica e reflexiva, que o capacite a absorver e desenvolver novas tecnologias, estimulando a sua atuação crítica e criativa na identificação e resolução de problemas, considerando seus aspectos políticos, econômicos, sociais, ambientais, com visão ética e humanista.

## **2 Processo de Projeto de Produtos**

O processo de projeto é um evento sistemático e capaz de solucionar um problema, ordenando as atividades sem restringir a criatividade do projetista (PAHL; BEITZ, 1996; ULRICH; EPPINGER, 2004; BLANCHARD; FABRICK, 1998). Mesmo orientado por um método, o projeto de um produto é uma atividade complexa, baseada em inúmeras tomadas de decisões, e para as quais são necessárias diferentes informações e conhecimentos relacionados com o ciclo de vida do produto (YOSHIOKA et al., 1998).

Na medida em que os envolvidos necessitam cooperar em todos os aspectos do projeto/produto, esse processo requer e gera um conjunto de informações e conhecimentos que suportarão o produto durante seu ciclo de vida, exigindo um gerenciamento eficiente para que nada se perca nem se utilize algo desatualizado (MO, 2000).

Para Pahl et al. (2005) Back et al. (2008) as etapas do projeto estão assim divididas: informacional (esclarecimento da tarefa), conceitual, preliminar e detalhado. Na etapa do Projeto Informacional, a tarefa deve ser primeiramente esclarecida em seus detalhes, independente se a origem de sua solicitação é um pedido de cliente ou proposta de produto da própria organização. Nessa etapa são realizados estudos iniciais do universo que o projeto está inserido e destina-se à coleta de informações sobre os requisitos do produto, bem como as condicionantes existentes e sua importância. A saída desta etapa é uma lista de especificações, ajustada às necessidades do projeto.

O Projeto Conceitual envolve a geração de alternativas e a seleção da melhor forma de concepção do produto. A geração de alternativas é realizada com o apoio de métodos de criatividade: convencionais (pesquisa em literatura, catálogos, manuais, análise de sistemas técnicos, etc.) ou intuitivos como o brainstorming. A representação pode ser realizada sob a forma de esquemas, maquetes e esboço do produto. O Projeto Conceitual encerra com a seleção da melhor alternativa para concepção realizando uma avaliação em relação aos aspectos técnicos do produto, considerando o custo das concepções (AHRENS et al., 2007).

A ideia básica do Projeto Preliminar é satisfazer uma determinada função com materiais, forma de componentes e processos de fabricação apropriados. O início se dá com a avaliação técnica e econômica de uma concepção de produto que pode ser realizada com a utilização de programas de projeto auxiliado por computador (CAD). Para Pahl et al. (2005), o Projeto Preliminar é complexo, pois além de etapas criativas o mesmo engloba etapas de trabalho corretivas, onde os processos de análise e síntese se revezam e se complementam continuamente. O Projeto Detalhado descreve definições para forma, dimensionamento e acabamento superficial dos componentes, complementando a estrutura de construção para um objeto técnico, criando as documentações obrigatórias de desenho, listas de peças e afins para sua realização material (PAHL et al., 2005).

### **3 Modelos de Aprendizagem Ativa**

Os sistemas educacionais vêm propondo transformações com o intuito de adaptar os currículos para desenvolver capacidades nos profissionais de Engenharia, tais como: conhecimentos em ciência computacional, administração, custos e relações interpessoais, aliados às características como criatividade, liderança, iniciativa, capacidade de negociação e ainda, espera-se que seja inovador, questionador e que busque alternativas e soluções para os problemas apresentados, encorajando assim a construção de novas competências.

Entretanto, ainda existem dificuldades em promover um modelo de ensino que efetivamente contribua para o entendimento dessas questões e suas complexidades científicas, sociais e econômicas. Isso, possivelmente decorre do ensino descontextualizado, hierarquizado em disciplinas, favorecendo aquelas de natureza exata em detrimento das ciências naturais e das humanas (IMHOF, 2011). Nesse cenário são necessárias estratégias de ensino que facilitem a alfabetização científica pelo desenvolvimento de projetos interdisciplinares, para tanto, este trabalho está baseado em dois modelos de ensino, a saber: a Aprendizagem Baseada em Projetos (PBL – Project Based Learning) e as Ilhas Interdisciplinares de Racionalidade (IIR).

Segundo Thomas (2000), o PBL é um modelo que organiza o processo de aprendizagem em torno de projetos, os quais podem ser definidos como tarefas complexas baseadas em desafios que envolvem os alunos, na solução de problemas, na tomada de decisões e em atividades investigativas e de pesquisa. Estas atividades, realizadas pelos alunos com certa autonomia, resultam em produtos ou apresentações. Conforme Wijnem (2000), a aprendizagem baseada em projetos pode ser caracterizada como: integradora, indo além das disciplinas convencionais, cooperativa (trabalho em equipe), orientada à prática (hands on) e às

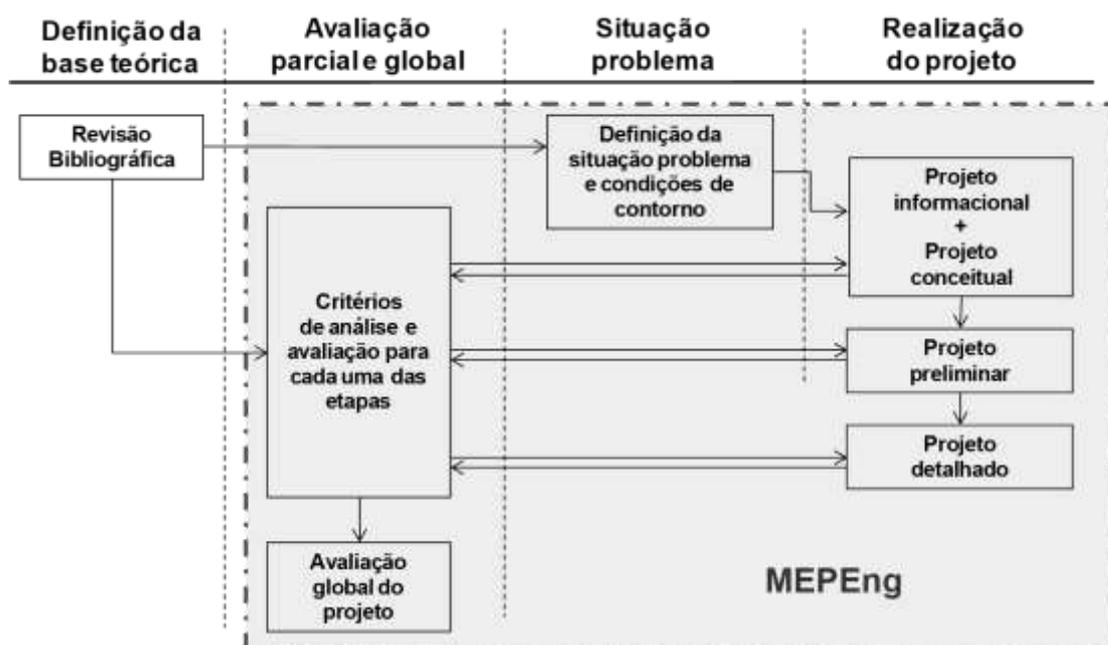
competências, multidisciplinar, criativa, motivadora. Autores como Ribeiro (2005), Markham et al. (2008), entre outros, também discutem o método PBL.

O método de ilhas interdisciplinares de racionalidade (IIR) conduz o professor e a equipe participante a um levantamento dos recursos necessários à realização das atividades. De acordo com Schmitz (2004) a preocupação na seleção dos recursos diminui as frustrações ou as situações de improviso. Segundo Fourez (1997) em aulas consideradas tradicionais é o professor que planeja e elabora as atividades, que segue de maneira linear a execução das mesmas e é ele que define a importância dos objetos do conhecimento. Bettanin (2003) e Leonel (2010), entre outros, também discutem o método IIR.

#### 4 Etapas do Trabalho

O trabalho compreendeu quatro etapas, a saber: definição da base teórica, avaliação parcial e global, situação problema e realização do projeto. A Figura 1 apresenta a relação do modelo proposto (MEPEng) com as etapas do trabalho de pesquisa.

**Figura 1** - Etapas do trabalho de pesquisa e sua relação com o modelo proposto



Fonte: Elaborada pelo autor, 2020.

A definição da base teórica responsável pela sustentação conceitual do modelo possui os seguintes pilares: modelos de aprendizagem ativa (PBL e IIR), modelos de processos de projeto de produtos “consagrados” na literatura de engenharia e requisitos legais que devem ser satisfeitos pelo curso de engenharia mecânica (legislação da universidade, órgão/conselho de classe e legislação federal). Esta etapa aconteceu uma única vez e foi base para o andamento da

pesquisa, sofrendo pequenos ajustes ao longo do tempo. Os itens dois, três e quatro resumiram essa etapa.

Considerando a base teórica foram elaborados critérios para as avaliações parciais e global. As avaliações parciais estão vinculadas principalmente aos conceitos técnicos, tanto da execução das etapas do processo de projeto bem como dos conhecimentos técnicos de engenharia necessários ao desenvolvimento do projeto do produto. A avaliação global foca principalmente nos aspectos humanos e de relacionamento interpessoal no grupo.

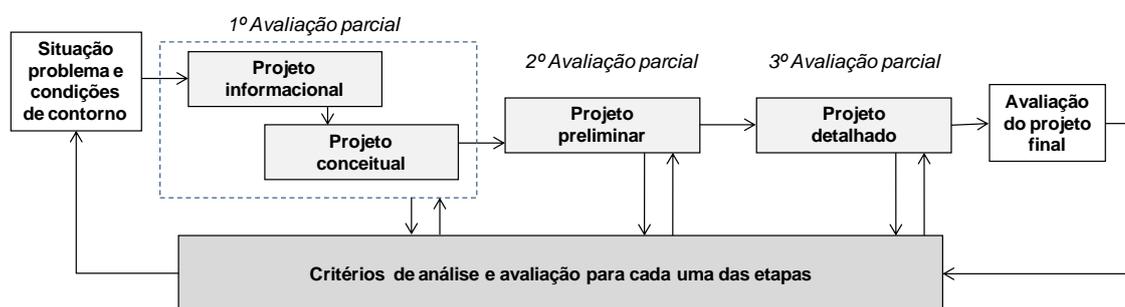
A situação problema e suas respectivas condições de contorno são definidas a cada novo semestre, sendo proposto um novo desafio aos alunos, com o intuito de se reutilizar conhecimentos adquiridos ao longo do curso de engenharia. A última etapa é o projeto do produto sendo desenvolvido durante a disciplina ao longo de todo o semestre.

O trabalho foi realizado na disciplina de Projeto Integrado do Produto, que é um componente curricular do décimo semestre, do curso de engenharia mecânica da Universidade de Caxias do Sul no estado do Rio Grande do Sul - Brasil. O item 6 apresenta a aplicação do MEPEng bem como a discussão dos resultados obtidos.

## 5 Modelo de Ensino de Projeto em Engenharia – MEPEng

O modelo proposto (Figura 2) está baseado em 7 etapas macro, sendo 3 de responsabilidade do professor e 4 de responsabilidade dos acadêmicos. O modelo é um processo seriado, ou seja, o avanço a etapa seguinte somente é realizado se a etapa anterior estiver concluída.

**Figura 2** - Modelo de ensino de projeto de engenharia – MEPEng.



Fonte: Elaborada pelo autor, 2020.

As etapas de responsabilidade do professor são: definição da situação problema e das condições de contorno iniciais, definição dos critérios de análise e avaliação para cada uma das etapas e por fim a avaliação global que tem o intuito de monitorar o desempenho do aluno ao longo do processo. As etapas de projeto realizadas pelos alunos são: informacional, conceitual, preliminar e detalhado.

## 5.1 Situação Problema e Condições de Contorno

O projeto inicia com a proposição de um problema, sendo que as informações e conhecimentos necessários para sua solução vão desde aquelas de uso comum até os específicos, abrangendo desde as leis físicas até a intuição e experiência do “acadêmico-projetista” que apoiam as tomadas decisões. Diversos pesquisadores como, por exemplo, Lahti et al. (1997), Rush e Roy (2001), Yan e Assimakopoulos (2003), têm delimitado o que é “conhecimento de projeto” e que é necessário ao acadêmico para o desenvolvimento do MEPEng. Neste trabalho, o conceito de “conhecimento de projeto” é tratado como um conjunto de informações contextualizadas, que se referem a uma visão específica em um determinado momento. Além disso, o conhecimento é variável e incremental e, para sua difusão e compreensão, é fundamental compreender a razão, a justificativa ou a motivação que levaram o indivíduo a fazer uma determinada escolha ou a adotar uma determinada estratégia, em função das condições que o ambiente lhe proporciona naquele momento (LUCIANO, 2005).

A situação problema engloba 3 itens fundamentais, quais sejam: tipo do problema, condições de contorno e recursos humanos e materiais.

Tipo do problema: o problema ideal é aquele que em maior ou menor escala consegue abranger as 3 grandes áreas de atuação do engenheiro mecânico, neste caso, ou seja: projeto mecânico-estrutural, materiais e processos de fabricação e projeto fluido-térmico. Entretanto, a elaboração de problemas com esta abrangência nem sempre é possível devido a complexidade e o tempo necessário para sua solução. Na maioria dos casos duas grandes áreas são abrangidas pelo problema, como por exemplo: projeto mecânico-estrutural e materiais e processos de fabricação ou projeto fluido-térmico e materiais e processos de fabricação. Nesses casos a terceira área acaba sendo pouco explorada. O problema proposto é genérico, sendo que cada grupo terá em seu projeto características específicas que o tornarão único, em função das condições de contorno.

Condições de contorno do problema: os problemas de projeto devem possuir um grau de dificuldade semelhante, contudo, devem garantir resultados finais distintos, propiciando a independência no desenvolvimento dos projetos. Para isso pequenas alterações nas condições de aplicação do problema associados aos recursos disponíveis a sua execução garantem essa condição peculiar.

Recursos humanos e materiais: considerando o volume de trabalho associado ao projeto de um produto e a necessidade de “treinar” o acadêmico-projetista a trabalhar em equipe, o MEPEng é aplicado em grupos de 4 alunos e, em situações especiais 3 alunos. Associado a isso

o tipo de problema proposto deve ser possível de ser solucionado, no período de um semestre, usando recursos computacionais de CAD, CAE e CAM.

## **5.2 Análise e Avaliação Parcial e Final do Projeto**

A avaliação do MEPEng ocorre de duas formas: uma técnica (avaliações parciais) e uma humana (avaliação global). As avaliações parciais possuem um caráter técnico e acontecem, em três momentos do modelo, quais sejam: final da etapa de projeto conceitual, no final da etapa de projeto preliminar e no final da etapa de projeto detalhado. Essas avaliações procuram verificar a correta utilização das “ferramentas de projeto” propostas, a aplicação adequada dos conhecimentos de engenharia necessários a execução do projeto e a capacidade técnica dos integrantes do grupo em buscar princípios de solução adequados ao problema de engenharia. Cabe ressaltar que não existe apenas uma solução correta para o desafio proposto, mas sim a solução é construída no decorrer do projeto e é função de inúmeras tomadas de decisões ao longo do processo que são tomadas pelo grupo.

A primeira avaliação parcial acontece ao final da etapa de projeto conceitual onde já existe um “esboço” do projeto que facilita a discussão da proposta com o grande grupo (turma). Neste momento são realizados questionamentos sobre a viabilidade da proposta frente as condições de contorno impostas ao projeto e as especificações estabelecidas. O esboço é avaliado tecnicamente verificando sua adequação funcional e sua viabilidade construtiva. Essa avaliação é conduzida e realizada pelo professor em conjunto com o restante da turma de alunos, permitindo uma rica e efetiva troca de experiências.

A segunda avaliação parcial acontece no final da etapa de projeto preliminar onde são avaliados principalmente aspectos como: a divisão do conceito em conjuntos, subconjuntos e componentes, estabelecimento das características (formas, dimensões, materiais...) preliminares para os componentes do produto; dimensionamento dos componentes críticos; seleção dos equipamentos e componentes padrão de mercado e estudo da confiabilidade do projeto do produto, utilizando-se para tanto a FMEA de projeto (Failure Mode and Effect Analysis). Essa avaliação é realizada exclusivamente pelo professor por envolver conceitos técnicos e específicos que os alunos ainda não dispõem.

A terceira avaliação parcial acontece no final da etapa de projeto detalhado, onde são avaliados aspectos como: a lista de componentes (BOM – Bill of materials), o processo de fabricação e o desenho detalhado dos componentes do produto a serem “manufaturáveis”, a especificação dos componentes normalizados que podem ser comprados; estabelecimento do custo do produto.

A avaliação global possui um “olhar” sobre o desempenho do aluno considerando sua postura quanto ao relacionamento (habilidade de trabalho em grupo) e quanto a capacidade de enfrentamento do desafio proposto (habilidade de pesquisar e inovar).

### **5.3 Projeto Informacional**

O projeto informacional tem por objetivo desenvolver um denso conjunto de informações, que são a base sobre a qual serão desenvolvidos os critérios de avaliação e tomada de decisões utilizadas nas etapas seguintes. A fase do projeto informacional contempla 3 atividades fundamentais: definição das necessidades dos clientes do projeto, elaboração dos requisitos do produto e definição das especificações meta do produto.

As necessidades dos clientes são elaboradas considerando a situação problema e as condições de contorno inicialmente propostas. Para tanto, os grupos são orientados a realizar uma pesquisa sobre o assunto, bem como se posicionar como clientes para estabelecerem as necessidades. Após a definição das necessidades deve-se processá-las, classificando-as, ordenando-as, e agrupando-as, para tanto, é usado o QFD (Quality Function Deployment) como ferramenta para auxiliar nesse processo. Ao final as necessidades são reescritas na forma de requisitos do produto que relacionam aspectos funcionais, propriedades e recursos, entre outros.

Aos requisitos do produto são estabelecidos valores meta, tendo-se assim as especificações de projeto, ou seja, parâmetros quantitativos mensuráveis que o produto projetado deverá possuir. Essas especificações atuam como guias para geração de soluções para o problema de projeto e fornecem a base para as avaliações e tomadas de decisões.

### **5.4 Projeto Conceitual**

O projeto conceitual tem como objetivos a busca, criação, representação e seleção de soluções para o problema de projeto. A busca por soluções é caracterizada pela observação de produtos concorrentes ou similares, enquanto a criação é direcionada pelas necessidades, requisitos e especificações de projeto. A representação das soluções normalmente é feita por meio de esquemas, croquis e desenhos e a seleção é embasada em métodos que se apoiam nos requisitos previamente definidos.

A modelagem funcional é um método que permite que o produto seja descrito de tal forma que se possa obter sua estrutura sem delimitar o espaço de pesquisa das soluções específicas. Uma estrutura de funções é normalmente obtida pela decomposição da função global em funções de menor complexidade. Outra ferramenta usada é a matriz morfológica que

auxilia na obtenção de potenciais soluções para o produto, que associada a matriz de decisão permite avaliar as alternativas geradas e escolher a mais adequada.

### **5.5 Projeto Preliminar**

O Projeto Preliminar inicia com uma avaliação mais profunda, técnica e econômica, do esboço do produto que é gerado com a utilização de sistemas CAD/CAE, que em muitos casos, para um resultado satisfatório, são necessárias várias iterações para a obtenção da configuração final. Além de etapas criativas, o projeto preliminar engloba um grande número de etapas de trabalho corretivas, onde os processos de análise e síntese se revezam e se complementam continuamente.

### **5.6 Projeto Detalhado**

Na etapa do projeto detalhado são definidas formas, dimensões e o acabamento superficial dos componentes, tudo isso por meio da especificação dos materiais, revisão das possibilidades de produção e utilização, bem como revisão dos custos finais, criando as documentações obrigatórias de desenho, listas de peças e afins para sua realização material (PAHL et al., 2005). A adoção ou o uso de componentes normalizados encontrados no comércio torna o projeto do produto melhor do ponto de vista da produção e do custo. Durante a realização do projeto as equipes realizam pesquisas de mercado identificando componentes que possam ser usados no projeto e seus respectivos custos. Com a definição detalhada dos componentes do produto, pode-se dizer que é possível iniciar a produção.

## **6 Estudo de Caso: Projeto Integrado do Produto – PI**

### **6.1 Perfil do curso e a disciplina de Projeto Integrado do Produto**

Caxias do Sul localiza-se na região serrana do Rio Grande do Sul - Brasil, e tem marcante vocação industrial, com empreendimentos nos segmentos de plásticos, moveleiro, têxtil, calçados e alimentos. Entretanto, é como importante polo metal-mecânico – segundo do País – que a região é reconhecida, nacional e internacionalmente. O Projeto Pedagógico do Curso de Engenharia Mecânica advém da necessidade de adequar-se às demandas da contemporaneidade, bem como atender às Diretrizes Curriculares Nacionais para os Cursos de Graduação em Engenharia. O Curso alia conhecimentos técnico-científicos àqueles de desenvolvimento do aluno como cidadão, com qualidade ético-político, consciência social e ambiental.

A disciplina Projeto Integrado do Produto, 10º semestre do Curso de Engenharia Mecânica da UCS, possui um caráter integrador de diferentes conhecimentos e competências, sobretudo no que diz respeito ao núcleo de conteúdos específicos e outros destinados a caracterizar a atuação do Engenheiro Mecânico. A ementa da disciplina compreende “o desenvolvimento de projeto de produtos em um ambiente de engenharia simultânea, que permita ao aluno o trabalho em equipes. Seleção de materiais, determinação dos processos de manufatura e de montagem com vistas à análise da confiabilidade e do custo do produto. Elaboração de desenhos detalhados dos componentes do produto”. O objetivo da disciplina, descrito no projeto pedagógico é: “proporcionar condições para que o aluno possa realizar o projeto detalhado de um produto, utilizando ferramentas CAD, CAE e CAM, considerando as variáveis do ciclo de vida, desde a seleção e especificação do material, processo de fabricação e montagem, dimensionamento dos componentes do produto, a confiabilidade e os custos do produto”.

## **6.2 Exemplo de projeto desenvolvido baseado no MEPEng**

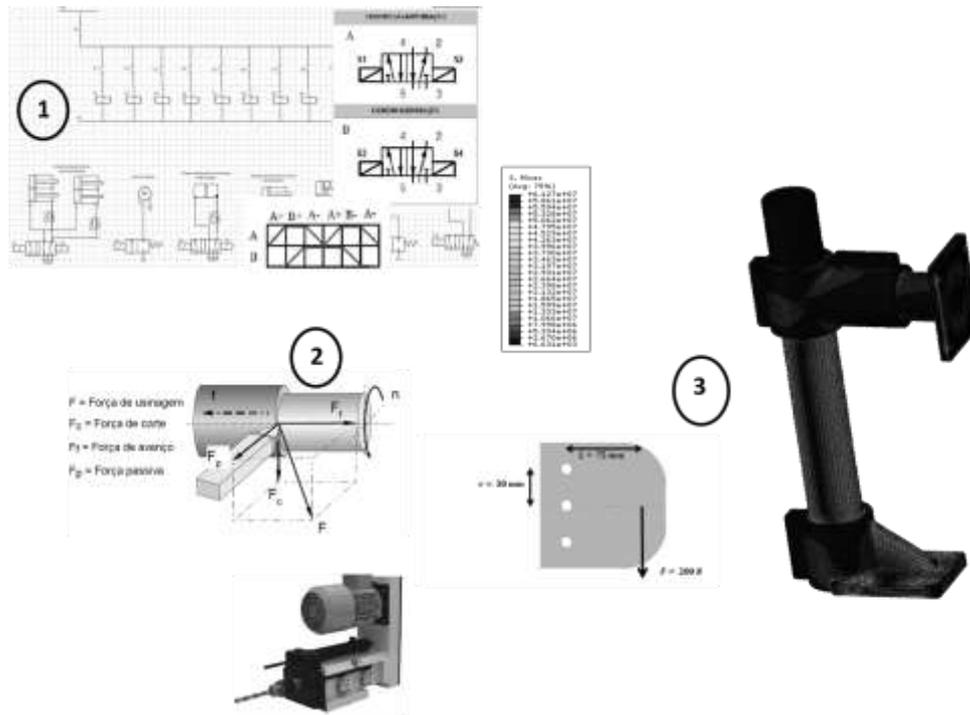
Um dos projetos desenvolvidos pelos acadêmicos usando como referência o MEPEng, foi o desenvolvimento de uma máquina dedicada à manufatura do “sistema regulador” mostrado na figura 3. A apresentação do projeto passa pela contextualização de um ambiente fabril, tendo como algumas condições de contorno, as que seguem: a máquina deve ser projetada e construída para operar em um regime de 24 horas (5 dias por semana), com uma taxa de produção mínima de “x” montagens por minuto (cada grupo de alunos possui um produção mínima a ser alcançada, que particulariza o problema); a máquina deve realizar a furação (2 furos de diâmetro “y” – cada grupo com um determinado valor) no conjunto eixo base e a montagem dos componentes (Cj. Eixo base, haste reguladora, mola e porca), considerando que os furos do Cj. Eixo base e haste reguladora devem estar alinhados após a montagem, o custo máximo; quantidade de operadores, dentre outras.

Os alunos são orientados a pesquisar a maneira mais eficiente para o bom funcionamento do produto, criando suas próprias estratégias. O problema é de solução aberta, ou seja, o resultado pode não ser necessariamente o “melhor tecnicamente”, mas os alunos devem saber elaborar argumentações sobre os resultados que conseguiram e as possíveis causas de não terem obtido o comportamento esperado. O acompanhamento do trabalho dos grupos é realizado pelo professor da disciplina, para o qual devem ser apresentados relatórios a cada avaliação parcial. Durante todo o processo, os alunos têm acesso aos professores do curso para solicitar auxílio com relação aos conhecimentos das suas disciplinas aplicáveis às partes do projeto.



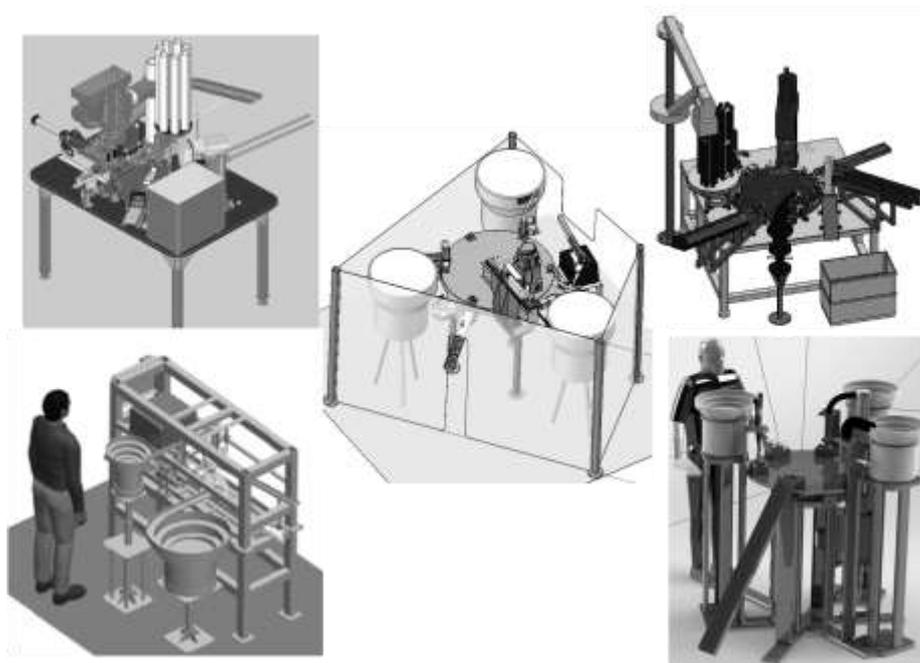


**Figura 5** - Alguns exemplos de dimensionamentos realizados no projeto preliminar



Fonte: Elaborada pelo autor, 2020.

**Figura 6** - Projetos desenvolvidos pelos 5 grupos



Fonte: Elaborada pelo autor, 2020.

## 7 Conclusões

O presente artigo apresentou, a partir de modelos de processo de projeto de produtos, modelos de aprendizagem ativa e necessidades legais e industriais, um modelo de ensino de projeto em engenharia, denominado de MEPEng.

O MEPEng é baseado em sete etapas e foi desenvolvido tendo como referência o projeto em engenharia mecânica. Três etapas são de responsabilidade do professor, quais sejam: condições de contorno iniciais, definição dos critérios de análise e avaliação, e avaliação global. Estas têm como função delimitar o problema e garantir uma uniformidade de trabalhos e graus de dificuldade dos projetos. As outras quatro etapas são de responsabilidade dos acadêmicos, quais sejam: projeto informacional, conceitual, projeto preliminar e projeto detalhado. Estas etapas se referem as atividades que devem ser desenvolvidas ao longo do processo de projeto do produto.

O MEPEng pode ser caracterizado como um modelo de ensino de projeto de engenharia que tem como principais características sua capacidade integradora e inovadora. Integradora porque além da integração da equipe de projeto consegue envolver professores e alunos de outras disciplinas na discussão do problema de projeto. Inovadora porque consegue ir além das disciplinas convencionais por ser cooperativa (trabalho em equipe) e orientada à prática (hands on).

O MEPEng tem propiciado o desenvolvimento de competências associadas ao uso da criatividade em função da diversidade de problemas apresentados aos alunos cuja solução normalmente não é trivial.

O modelo proposto tem apresentado resultados relevantes nos seguintes aspectos:

- Os projetos criam a competitividade e a colaboração, ficando sob responsabilidade do grupo, elaborar uma forma de atingir o objetivo mais eficientemente, o que tem levado à ampliação da visão do conhecimento e das formas de articulá-lo num novo contexto.
- Os projetos têm estimulado o desafio e a capacidade de trabalhar em equipes e o maior engajamento com o projeto, estabelecendo uma espécie de cultura de projeto interdisciplinar e uma cobrança mútua na busca do objetivo final.
- Os alunos usam conhecimentos e experiências vivenciados e adquiridos em outros momentos do curso, não apenas os que estão sendo tratados naquele semestre em específico, bem como conhecimentos e experiências da vida profissional, tornando o espaço de discussão do projeto rico sob o ponto de vista do compartilhamento de conhecimentos específicos e também generalistas.

- Os alunos se responsabilizam e se apropriam da aprendizagem buscando conhecimentos, além da oportunidade de atuação na solução de problemas “reais”.

A pesquisa desenvolvida neste artigo não esgota o assunto e, devido a sua amplitude e as diversas dimensões do “ensinar a projetar” são passíveis novas investigações.

## Referencias

AHRENS, C.H.; FERREIRA, C.V.; PETRUSH, G.; CARVALHO, J. DE; SANTOS, J.R.L DOS; LOPES DA SILVA, J.V.; VOLPATO, N. **Prototipagem rápida: tecnologias e aplicações**. São Paulo: Editora Edgard Blücher. 2007.

BACK, N.; OGLIARI, A.; DIAS, A., SILVA E J.C. Da **Projeto integrado de produtos: planejamento, concepção e modelagem**. 1. ed. São Paulo: Editora Manole. 2008.

BASSETTO, E.L. **Proposta de metodologia para o ensino das fases de projeto informacional e projeto conceitual**. 2004. Dissertação de mestrado. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis. 2004.

BETTANIN, E. **As ilhas de racionalidade na promoção dos objetivos da alfabetização científica e técnica**. 2003. Dissertação (Mestrado em Educação). UFSC. Florianópolis. 2003.

BLANCHARD, B.S.; FABRYCKY, W.J. **Systems engineering and analysis**. 3. ed. São Paulo: Makron Books. 1998.

FOUREZ, G. **Alfabetización Científica y Tecnológica. Acerca de las finalidades de la enseñanza de las ciencias**. Buenos Aires: Ediciones Colihue. 1997.

INOVA ENGENHARIA **Propostas para a modernização da educação em engenharia no Brasil**. IEL.NC, SENAI.DN. Brasília: IEL.NC/SENAI.DN. 2006.

IMHOF, A.M.Q. **Ilhas interdisciplinares de racionalidade: uma proposta para o estudo da sexualidade humana**. 2011. Dissertação de Mestrado – FURB, Blumenau. 2011.

LATHI, A.; MANTYLA, M.; RANTA, M. **Capturing and deploying design decisions: product modeling for computer integrated design and manufacturing**. Edited by Pratt, M. J., Sriram, R. D. and Wozny, M. J., London: Chapman & Hall. 1997.

LEONEL, A.A. **Uma proposta de ilha interdisciplinar de racionalidade para o ensino de física moderna e contemporânea no ensino médio**. 2010. Dissertação de Mestrado. UFSC, Florianópolis. 2010.

LUCIANO, M.A. **Reutilização de informações e conhecimentos para apoio ao projeto de material de atrito**. 2005. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis. 2005.

MACIENTE, A.N.; ARAÚJO, T. C. **A demanda por engenheiros e profissionais afins no mercado de trabalho formal**. Radar, Brasília: Ipea, n. 12, fev. 2011.

MARKHAM, T.; LARMER, J.; RAVITZ, J. **Aprendizagem Baseada em Projetos**. Artmed Editora S/A, Porto Alegre. 2008.

MO, J.P.T. Product modelling and rationale capture in design process. In: **INTERNATIONAL CONFERENCE ON CONCURRENT ENTERPRISENG**, 2000. Proceedings.ICE. 2000.

PAHL, G; W. BEITZ, W. **Engineering design: a systematic approach**. Berlim: Springer Verlag. 1996.

PAHL, G.; BEITZ, W.; FELDHUSEN, J.; GROTE, K. **Projeto Na Engenharia – Fundamentos do desenvolvimento eficaz dos produtos, métodos e aplicações**. 6º Edição, São Paulo, Edgard Blücher. 2005.

RIBEIRO, L.R. DE C.A. **Aprendizagem Baseada em Problemas (PBL): uma implementação na educação em engenharia na voz dos atores**. 2005. Tese (Doutorado em Educação) - Universidade Federal de São Carlos, São Carlos. 2005.

ROZENFELD, H.; FORCELLINI, F.A.; AMARAL, D.C.; TOLEDO, J.C. DE; SILVA, S.L. DA; ALLIPRANDINI, D.H.; SCALICE, R.K. **Gestão de Desenvolvimento de Produtos: uma referência para a melhoria do processo**. 1. ed. São Paulo: Saraiva. 2006.

RUSH, C.; ROY, R. Capturing quantitative and qualitative knowledge for cost modelling within a CE enviroment. In: **INTERNATIONAL CONFERENCE ON CONCURRENT ENGINEERING: RESERCH AND APPLICATIONS**, Los Angeles, 2001. Proceedings... Los Angeles: CETEAM, 2001, p. 209-218. 2001.

SCHMITZ, C. **Desafio Docente: As Ilhas de Racionalidade e seus Elementos Interdisciplinares**. 2004. Dissertação (mestrado em Educação Científica e Tecnológica) – CFM/CED, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis- SC. 2004.

THOMAS, J.W. **A review of project based learning**. Prepared for The Autodesk Foundation, San Rafael, CA. Available at <http://www.bie.org/tmp/research/researchreviewPBL.pdf>. 2000.

ULRICH, K.T.; EPPINGER, S.D. **Product design and development**. 3. ed. New York: McGraw-Hill. 2004.

VILLAS-BOAS, V.; MARTINS, J.A. **Projeto Engenheiro do Futuro: promovendo as engenharias entre os estudantes de ensino médio** Universidade de Caxias do Sul – UCS DOI: 10.7867/1982-4866.2012 v18 n2 p3-17, 2012.

WIJNEN, W.H.F.W. **Towards Design-Based Learning**. Brochure, Educational Service Centre of Technische Universiteit Eindhoven. 2000.

YAN, J.; ASSIMAKOPOULOS, D. Knowledge sharing and advice seeking in a software engineering community. In: **PROCESSES AND FOUNDATIONS FOR VIRTUAL ORGANIZATIONS (IFIP – INTERNATIONAL FEDERATION FOR INFORMATION PROCESSING)**, Lugano, 2003. Proceedings.... Lugano: PRO-VE'03. 2003.

YOSHIOKA, M.; SEKIYA, T.; TOMIYAMA, T. Design knowledge collection by modeling.  
In: **INTERNATIONAL FEDERATION FOR INFORMATION PROCESSING WG**  
5.2/5.3, 1998. Proceedings... Conference PROLAMAT 98. 1998