



## AULAS DE CAD/CAM CONTEXTUALIZADAS

Daniel Fritzen, Esp.  
Faculdade SATC, Departamento de Engenharia Mecânica  
daniel.fritzen@satc.edu.br

Jovani Castelan, Dr. Eng.  
Faculdade SATC, Departamento de Engenharia Mecânica  
jovani.castelan@satc.edu.br

### Resumo

Com a grande aplicação de *softwares* CAD/CAM na indústria metal-mecânica, há a presença de disciplinas relacionadas a estas áreas nas grades curriculares dos cursos afins. Objetivando não transformar as aulas em um curso de utilização dos *softwares* específicos, foi preparado um modelo de aulas inteiramente contextualizadas, onde a realidade prática do processo de fabricação é discutida, e não apenas o funcionamento das ferramentas dos *softwares*. Foi organizado o cronograma de conteúdos, de acordo com os principais processos de fabricação encontrados na indústria metal-mecânica. Deste modo, o fato de ter que desenhar um simples modelo, acrescentando dados inerentes ao processo de produção em questão, torna nítido que induzindo o aluno a buscar tais informações para resolução dos desenhos, o capacita no aspecto de pesquisa, resolução de problemas e manuseio do *software*.

**Palavras-chave:** CAD/CAM, Desenho Técnico, Processo de Fabricação.

### Abstract

With the great application of CAD/CAM softwares in the metal-mechanical industry, there is in the related courses, the presence of disciplines in their curriculums. With the aim of not to turn the lessons into a course of use of specific software, we prepared a model of fully contextualized lessons, where the practical reality of the manufacturing process is discussed, not just the functioning of the software tools. Has organized the schedule of content according to the main manufacturing processes found in the metal-mechanical industry. Thus, the fact of to draw a simple model, adding data relating to the production process in question, makes clear that induced the student to seek such information for resolution of the drawings, enables the aspect of research, problem solving and handling software.

**Keywords:** CAD/CAM, Technical Drawing, Manufacturing Process.

## 1 Introdução

A indústria tem procurado trabalhar de forma cada vez mais rápida, buscando eficiência e economia no dia-a-dia, principalmente no que se refere à usinagem dos materiais (SILVA, 2007, p. 17).

A busca pela eficiência de forma rápida e barata das indústrias impulsionou muitas áreas afins. Uma prova clara disto foi à criação dos *softwares* CAD/CAM, e suas constantes melhorias em cada versão. Contudo, as indústrias ainda se deparam com problemas de ter desenhistas/projetistas que sabem manusear esplendidamente os *softwares* CAD/CAM, porém, desconhecem os processos de manufatura de tais produtos. Deste modo, muitas vezes são projetadas peças de tal forma que o processo construtivo das mesmas as impedem de ser concebidas ou tornam inviáveis financeiramente.

O ensino de Desenho Técnico e Geometria ganhou no computador uma importante ferramenta. A informática disponibiliza hoje recursos que permitem a vivência de experiências de aprendizado que antes eram impossíveis. Tal fato ocorre, naturalmente, não só na área de Desenho, mas em todas as demais. No entanto, pela sua característica eminentemente gráfica, o benefício trazido à didática do Desenho pelas novas interfaces e dispositivos gráficos, se sobressai. (SANTOS & MARTINEZ, 2000, p. 2)

Confrontando este dilema das indústrias com o cotidiano das aulas, o professor Castelan, co-autor deste artigo, mudou seu estilo de aula dos cursos de engenharia mecânica, visando capacitar alunos com ótimo conhecimento no manuseio dos *softwares*, além de frisar as peculiaridades dos processos de fabricação mais tradicionais na indústria metal mecânica.

Independente do *software* CAD/CAM a ser utilizado, tão pouco a maneira de como será conduzida a disciplina, é fundamental para os alunos o conhecimento prévio de desenho técnico mecânico, seja interpretativo quanto construtivo. Ressalta-se, que com o ato de “fazer” o desenho, o aluno desenvolverá o domínio de seus movimentos, controlará suas ansiedades e aprenderá que ao errar, o desenho deverá ser corrigido. O trabalho de corrigir faz com que os alunos reflitam sobre seus erros. O fazer e o pensar são preciosos aliados no desenvolvimento emocional do ser humano (PALHACI, DEGANUTTI, & ROSSI, 2007, p. 2).

Na etapa do *software* CAD *SolidWorks*, são entregues desenhos projetivos devidamente normalizados conforme as normas técnicas cabíveis. É de fundamental importância a coerência na interpretação do desenho projetivo neste momento, haja vista que a forma em que o desenho será modelado no *software*, acarretará na

entrada de informações pelo do aluno/desenhista, sejam dimensões ou relações geométricas.

“Relações geométricas são operações lógicas executadas na geometria selecionada para torná-la mais precisa e definir sua posição em relação à outra geometria” (FIALHO, 2008, p. 33).

A construção da geometria é feita pelo estabelecimento de relações geométricas entre os elementos (perpendicularismo, paralelismo, pertinência, ângulo, etc.). Pode-se medir ângulos e distâncias e calcular-se relações com precisão, permitindo facilmente a verificação empírica de hipóteses e teoremas. Os conceitos de um teorema podem ser compreendidos por visualização. Adicionalmente, a precisão também é importante porque construções imprecisas podem conduzir o aluno a conclusões errôneas já que é natural o julgamento humano ser fortemente influenciado pelas formas percebidas visualmente. (SANTOS & MARTINEZ, 2000, p. 3)

O foco da disciplina são os *softwares SolidWorks (CAD)*<sup>1</sup> e *EdgeCAM (CAM)*<sup>2</sup>, sendo que o primeiro *software* tem mais abordagem durante as aulas previstas.

A proposta da disciplina baseia-se na apresentação e utilização das ferramentas dos *softwares CAD/CAM* durante todo o semestre, associando-as com processos de fabricação mecânica distintos, como usinagem por fresamento e fundição, cada qual em aulas específicas, proporcionando aulas contextualizadas. Deste modo, eximi-se apenas a alternância de modelos de desenhos, grau de dificuldade destes, etc.

Sendo assim, institui-se o pensar antes de projetar algum componente mecânico. Ponderar como o operador poderá fabricar tal objeto. Estar ciente dos processos de fabricação necessário para a manufatura, e conseqüentemente ter a certeza se é possível produzir-los com os equipamentos que possui.

## 2 Desenvolvimento das Aulas

Nos semestres anteriores, das 18 semanas de aulas normais previstas, as quatro semanas iniciais eram destinadas as coordenadas espaciais e transformação de visualização. Logo após, as onze semanas subseqüentes compreendiam na utilização do *software CAD* apenas, e as três semanas restantes do semestre envolviam a utilização do *software CAM*. Neste modelo de aula, eram evidentes momentos distintos para cada tipo de *software*.

Nas aulas deste primeiro semestre de 2011, houve uma nova proposta no modelo de aula. Mantêm-se as quatro semanas iniciais com as coordenadas espaciais e transformação de visualização, e após, a aplicação dos *softwares CAD/CAM*, de forma concomitante, ou seja, ao término de uma aula CAD contextualizada, sobre um

---

<sup>1</sup> *Computer Aided Design*: Projeto Auxiliado por Computador

<sup>2</sup> *Computer Aided Manufacturing*: Manufatura Auxiliada por Computador

determinado processo de fabricação, iniciava-se na aula seguinte os trabalhos no *software* CAM deste mesmo processo de fabricação descrito. Deste modo, associava-se o mesmo processo de fabricação, de forma simultânea praticamente, nos *softwares* CAD/CAM, não no final do semestre, como nos modelos de aulas anteriores.

Geralmente, as duas primeiras aulas são tratadas em caráter de apresentação do *software SolidWorks*, onde são apresentadas as suas características operacionais. Nestas aulas os desenhos propostos são de relativa facilidade geométrica, prevendo uma interação gradativa dos alunos com as ferramentas e seus aspectos funcionais.

Atualmente, os alunos recebem os conteúdos das aulas com antecedência via internet (portal do aluno). Em cada aula prevista, o professor cria um campo para envio de arquivo, restringido sempre o horário máximo de entrega para o final da aula.

Com o intuito de contextualizar as aulas com os processos de fabricação metal-mecânico, foi planejado um cronograma de aulas que atendesse os principais processos de fabricação.

A seguir, será apresentado o modelo de aula contextualizado com os processos de Usinagem por Fresamento e Torneamento e Modelamento de Fundido e Forjado.

## **2.1 Aula de Usinagem por Fresamento**

Com a etapa de familiarização do *software* consumada, dar-se-á início as aulas de *SolidWorks* contextualizadas com processos de fabricação da indústria metal mecânica.

Nesta aula, é vislumbrada a usinagem de um bloco maciço de material, seja metálico ou não. Sendo assim, o primeiro desenho a ser esboçado e gerado volume é o bloco maciço com as maiores dimensões do mesmo.

A usinagem por fresamento é caracterizada pelo uso de ferramentas (Fresas e Brocas) que giram em torno de seu próprio eixo para desempenhar o trabalho solicitado. Por isso, torna-se impossível ter cavidades com cantos vivos, ou seja, sempre haverá uma concordância nos cantos, que será de no mínimo o valor do raio da ferramenta usada na operação.

O fresamento é a operação de usinagem que se caracteriza pela utilização de uma ferramenta, chamada fresa, provida de arestas cortantes, onde a mesma gira em torno de seu próprio eixo, e atrelado a esse movimento rotatório da fresa, há o movimento da mesa no qual a peça a ser usinada está fixada, gerando o contato entre ferramenta e peça, e resultando no processo de fresamento (DINIZ, MARCONDES, & COPPINI, 2006, p. 203).

Tomando por base a figura 1, observa-se que além das furações passantes, o modelo possui cavidades dos dois lados. O modelo A), batizado de Topo será modelado inicialmente, e o modelo B), batizado de Base, será modelado em seguida.

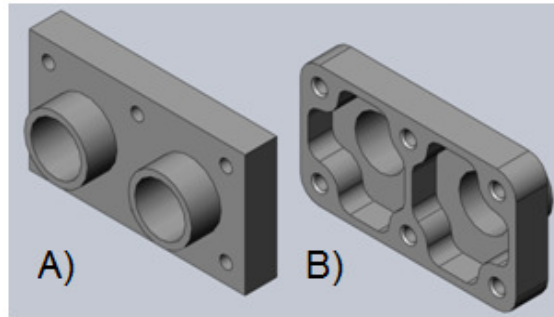


Figura 1: Modelo para Fresamento: a) Topo b) Base

Como se trata de aulas de CAD/CAM, ao término da aula de modelagem por fresamento no *software SolidWorks*, dar-se-á a aula de CAM utilizando o *software EdgeCAM*. Deste modo, algumas particularidades na transição do arquivo de desenho gerado de um *software* para outro devem ser observados.

No *software SolidWorks*, usa-se o plano inicial de trabalho frontal, onde será desenhado o perfil retangular do modelo. Outro detalhe importante a ser analisado é a direção da extrusão que deverá ser na direção de Z negativo, conforme figura 2. A razão para isto é que no ambiente de trabalho do *software EdgeCAM*, o eixo Z da tríade está direcionado para cima, ao contrário do *software SolidWorks*, que está direcionado para frente, como se indicasse o desenhista.

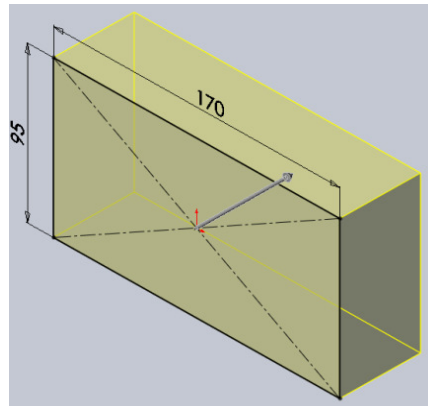


Figura 2: Modelo Maciço para Fresamento

Considerando inicialmente o modelo “topo” da figura 1 a ser modelado, é estabelecido que para chegar ao resultado final, como mostrado na mesma figura, a resolução do desenho tem que ser da mesma maneira que se fosse fresar a peça fisicamente. Deste modo fica caracterizado que se tem um ressalto inicialmente, para gerar o maciço conforme a figura 2, e as etapas seguintes feitas por retirada de material, conforme a figura 3.

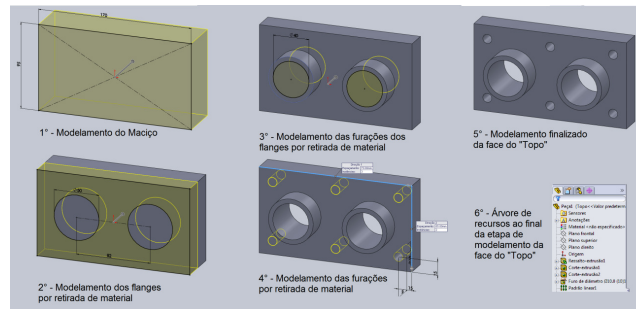


Figura 3: Sequência de modelamento/usinagem

Respeitando a contextualização proposta pela aula, alguns detalhes da peça não podem ser feitos neste momento, como por exemplo, a parte de trás do modelo. Neste momento é frisado aos alunos que o fato de ser uma “operação de fresamento” a peça tem que estar presa na morsa da fresadora (Figura 4), fato este que impossibilita a execução das outras atividades.

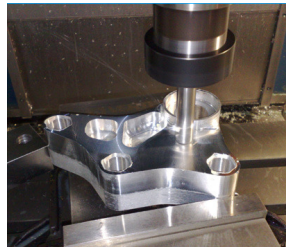


Figura 4: Morsa com modelo sendo fresado.

Para dar sequência no desenho e poder modelar os detalhes faltantes, é necessário inicialmente dar a condição possível para isso.

Comparando com o processo real de fresamento, a atitude a ser tomada agora seria de soltar a morsa e inverter a peça de posição, ou seja, a face “Topo” que acabará de ser usinada é postada para baixo, e a peça novamente é presa na morsa, deixando a face “Base” em posição de trabalho.

Dentro do *software SolidWorks*, se aplica o mesmo princípio, desconsiderando a criação de um segundo arquivo. Deste modo, ao término do modelamento da face do Topo, se tem a necessidade de girar o modelo de tal forma que o mesmo torne a face Base apta a ser modelada conforme os conceitos usados na face Topo anteriormente.

Para efetuar essa operação, e deixar registrados estes dois momentos distintos dentro do arquivo, se criam duas configurações. Como mostrado na figura 5, ativa-se a aba *Configuration Manager*, ao lado da aba *Árvore de Projetos do Feature Manager*. Como citam Predabon & Bocchese (2008), configurações deixam representar mais do que uma peça no mesmo arquivo.

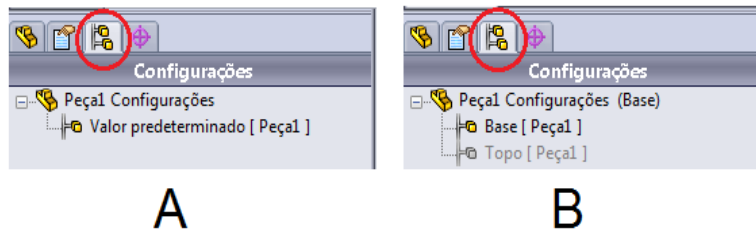


Figura 5: Morsa com modelo sendo fresado.

Inicialmente, esta aba apresentará o nome com que o arquivo foi salvo “Peça1”, e abaixo um subitem com a nomenclatura “Valor predeterminado [Peça1]” (Figura 5 A). Exatamente neste subitem, está todo o desenho feito até então, sendo assim, apenas é renomeado para “Topo”. Contudo, falta a configuração “Base” para poder dar seqüência na modelagem, sendo assim, clique com o botão direito do *mouse* no espaço das configurações e adicione uma nova configuração nomeando-a como “Base” (Figura 5 B).

Com a configuração criada, falta girar o modelo de tal forma que o mesmo torne a face Base apta a ser modelada conforme os conceitos usados na face Topo anteriormente. É importante frisar que ao final do recurso de rotação, a face que será modelada terá que ser coincidente ao plano frontal, do mesmo modo que no início dos desenhos.

Garantida a posição correta da face, dar-se-á início ao modelamento das etapas seguintes, lembrando que as mesmas se dão sempre por retirada de material, como ilustra a figura 6 abaixo.

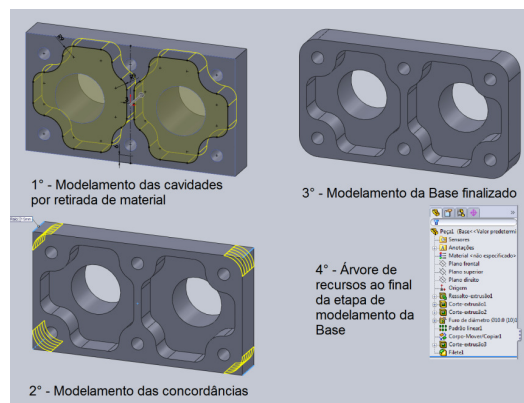


Figura 6: Sequência de modelamento/usinagem da face Base.

Ao final das duas etapas de modelamento (Topo e Base) se tem o modelo tridimensional da peça finalizado no *software SolidWorks* de acordo com as especificações técnicas do desenho projetivo, e principalmente alinhavado com o processo de usinagem por fresamento. Geralmente, toda essa dinâmica descrita anteriormente é repassada em um período (4 aulas).

A etapa seguinte é a simulação da usinagem deste modelo criado usando o *software EdgeCAM*. Para tanto, mais um período será usado na explicação de execução dos desenhos.

Com a peça aberta no *software CAM*, tornam-se visíveis duas peças ocupando o mesmo espaço. No arquivo CAD, onde os modelos foram gerados, existe apenas uma peça, contudo, o fato de ter criado as configurações Topo e Base, traduzem ao *software CAM* como sendo duas peças independentes. Para corrigir isso o *software EdgeCAM* separa o modelo 3D importado em dois, por meio da criação de camadas (*layers*) para cada configuração criada no *software SolidWorks*.

Deste modo, como apresentado na figura 7, basta desligar (NO) a camada de uma das configurações. Permanecerá na tela de trabalho apenas o modelo que ficou com a camada ligada (YES).

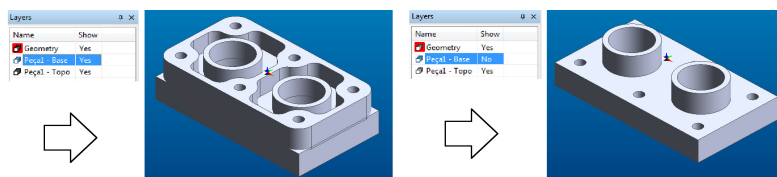


Figura 7: Suspensão da visualização da layer Base.

Como em toda usinagem por fresamento, inicialmente é feito faceamento da superfície superior antes das demais usinagens necessárias. Considerando o modelo CAD feito exatamente como o modelo final após a usinagem, é necessário acrescentar sobre metais para as etapas de faceamento e desbastes laterais. Porém, antes de acrescentá-los, o modelo 3D é deslocado para baixo (Z-) no valor do sobre metal de faceamento.

Com modelo 3D devidamente posicionado, é criado o modelo da peça bruta (*Stock*), e em seguida é feito o reconhecimento das características físicas da peças, como por exemplo os ressaltos (*Boss*), cavidades (*Pocket*) e furações (*Hole*), conforme apresentado a seguir na figura 8.

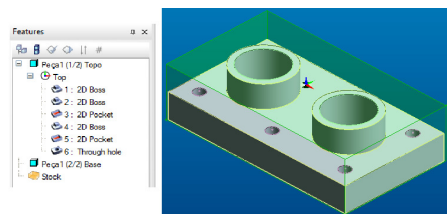


Figura 8: Modelo 3D no *EdgeCAM* com o bruto criado e a lista de características físicas.

Sendo assim, temos a movimentação da peça em Z-, criação do sobre metal e o reconhecimento das características físicas da peças são todas etapas desenvolvidas



ainda no modo de desenho do *software EdgeCAM*. Para a criação das seqüência de usinagem do modelo, se muda o ambiente de desenho para manufatura.

Nesta etapa, como mostra a figura 9 a seguir, se tem a seqüência de usinagem pro fresamento da peça modelada no *software CAD*. Para este exemplo, se tem a operação de faceamento, desbaste e furação de broca.

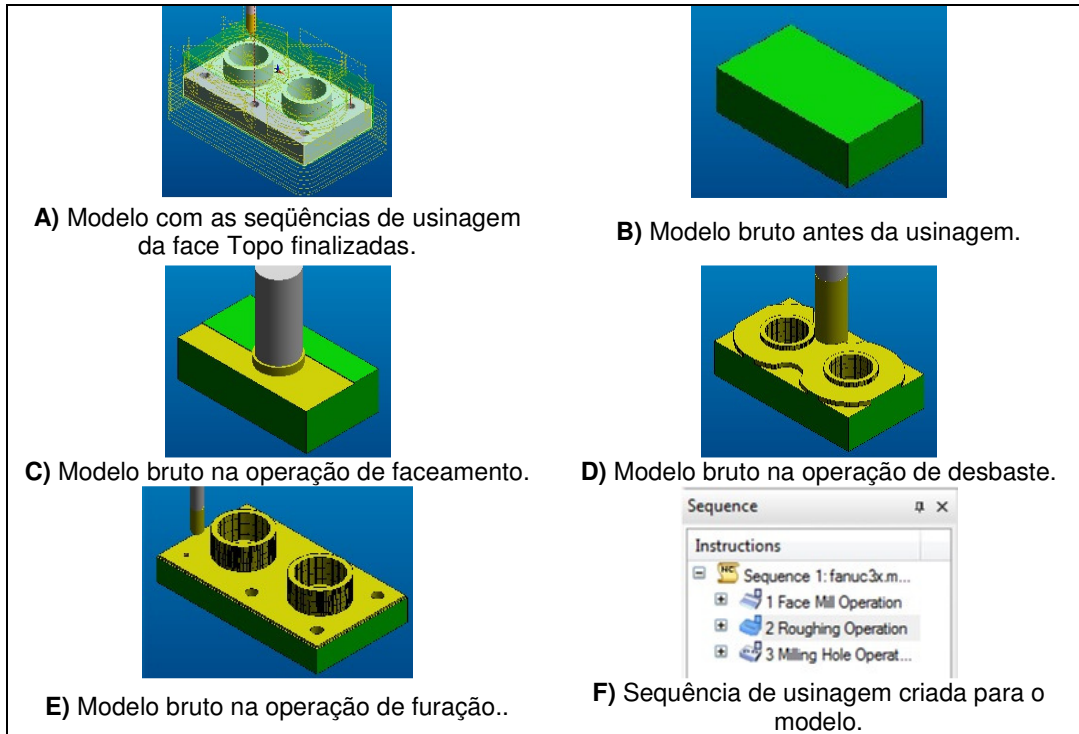


Figura 9: Seqüência de usinagem da face Topo.

Terminado essa parte, o arquivo deve ser salvo e o modelo CAD deve ser aberto novamente em um novo arquivo, repetindo todos os passos descritos anteriormente. Ressalta-se que a única diferença do arquivo anterior é que será usinado o outro lado da peça, portanto, há a inversão da camada visível agora, como mostra a figura 10.

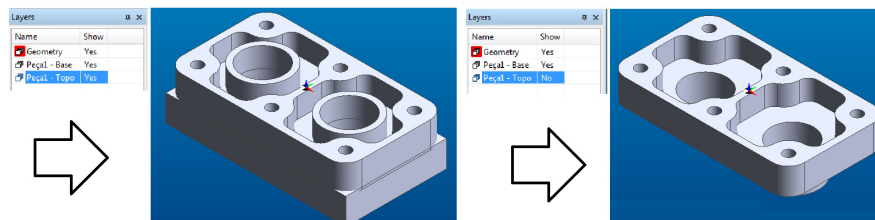


Figura 10: Suspensão da visualização da layer Top.

## 2.2 Aula de Usinagem por Torneamento

Na etapa de torneamento, já há mudanças iniciais em relação ao fresamento no *software SolidWorks*. Enquanto no processo anterior usava-se plano inicial de trabalho como o frontal, no torneamento é usado o plano direito.

Se houver necessidade de algum tipo de usinagem na parte posterior da peça, se faz necessário a criação de configuração e rotação da peça como na etapa de fresamento. A seguir, a figura 11 A) retrata o modelamento da peça no ambiente CAD, e a figura 11 B), a simulação de torneamento da peça no ambiente CAM.

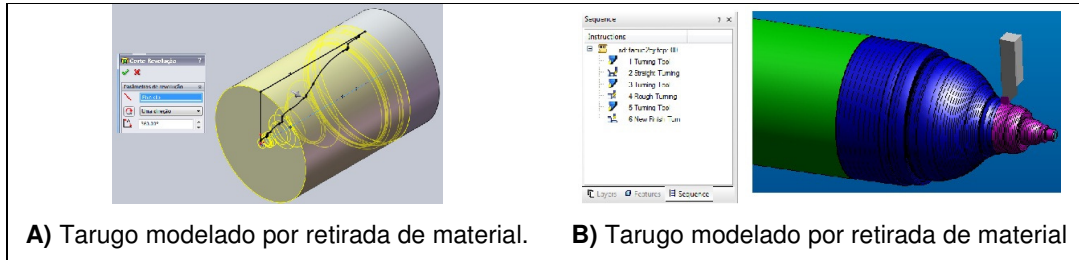


Figura 11: Sequência de trabalho CAD/CAM de um modelo torneado.

### 2.3 Aula de Modelamento para Fundido e Forjado

Objetivando criar nesta aula, tanto o modelo de fundição quanto o modelo de forjamento, se parte do princípio de ter o modelo final já usinado por outros processos, como fresamento e torneamento.

A característica principal da peça fundida são suas faces inclinadas, para a fácil extração do molde de fundição, além dos raios de concordâncias entre faces para aliviar as tensões internas do material.

Nas peças forjadas também há essas propriedades citadas no processo de fundição, acrescentando rebarba gerada após o processo de forja.

Deste modo, a figura 12 ilustra os três momentos de uma peça modelada no *software SolidWorks*, partindo de um modelo com características totalmente usinadas, ou seja, o modelo real de um desenho projetivo. Alternando a configuração de “USINADO” para “FUNDIDO”, torna-se visível a inclinação dos ressaltos da peça e dos raios entre faces. Por fim, ativa-se configuração “FORJADO”, que acrescentará na peça o modelo da rebarba no momento do fresamento.

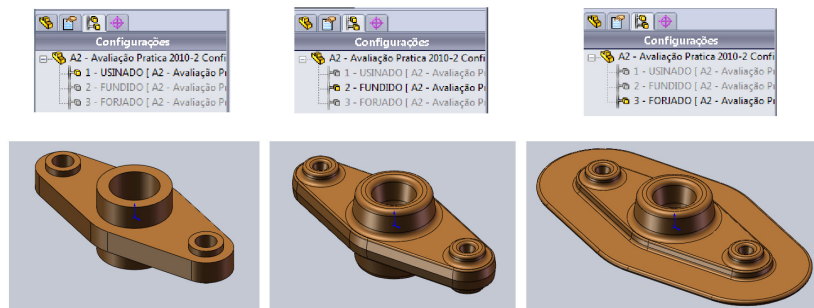


Figura 12: Variações de um modelo de acordo com processos de fabricação.

Os dados referentes à inclinação das paredes protuberantes das faces planas, raios das concordâncias entre faces, tanto para o modelo fundido quanto para o

forjado, são embasados nas normas técnicas vigentes. O mesmo aplica-se para o dimensionamento da rebarba de forjamento.

### 3 Resultados

O modelo de aula contextualizada proposto neste trabalho teve sua aplicação inicial no primeiro semestre de 2011 (2011/1). Nos semestres anteriores (2010/1 e 2010/2), o modelo de aula não seguia estes métodos.

Os resultados apresentados nas figuras 13 e 14 dizem respeito às avaliações de satisfação dos alunos sobre a disciplina/professor. Estas avaliações foram realizadas pelos 57 alunos matriculados na disciplina de CAD/CAM, dos semestres de 2010/1 (18 alunos), 2010/2 (17 alunos) e 2011/01 (22 alunos), do curso de Engenharia Mecânica da Faculdade SATC, localizada em Criciúma/SC.

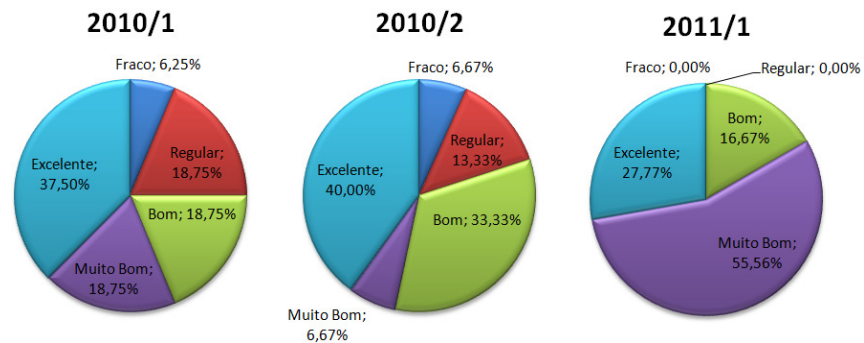


Figura 13: O professor demonstra domínio de conteúdo quando ministra as aulas? Estabelece relação entre a teoria e a prática? Relaciona os conteúdos com as demais disciplinas?

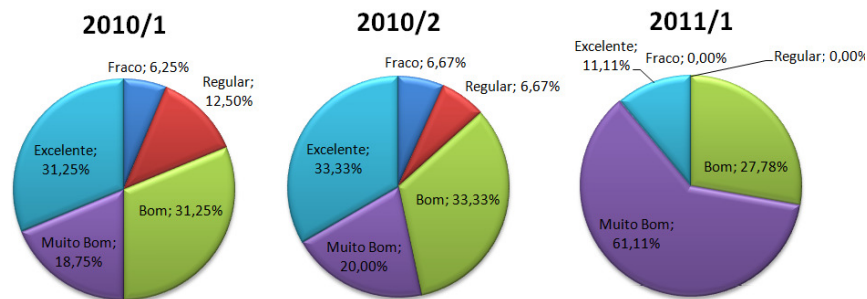
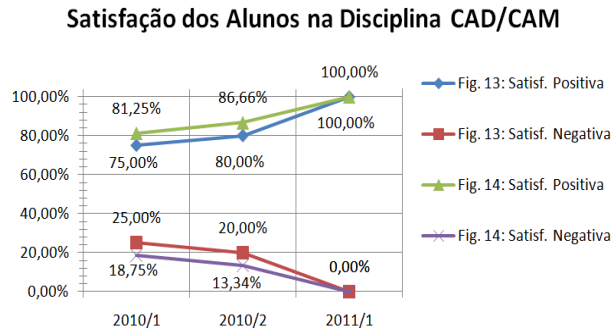


Figura 14: O professor utiliza procedimentos didáticos adequados à disciplina que leciona, preocupando-se com o aprendizado? É receptivo às críticas e sugestões?

Somando apenas os resultados de Bom, Muito Bom e Excelente, de cada tabela, se tem um valor de satisfação positiva sobre as aulas. Do mesmo, com o resultado da adição dos valores de Fraco e Regular, se tem um valor de satisfação negativa sobre as aulas.

Analisando ambos os valores, nota-se uma ascensão na satisfação positiva dos alunos no período de 2011/1, e obviamente, um declínio na satisfação negativa no mesmo período, como no gráfico 1 abaixo:

Gráfico 1: Resultados com os valores de Satisfação Positiva e Negativa



#### 4 Conclusão

Durante as aulas houve relatos positivos de alunos que já trabalham com estes *softwares* e que já tiveram cursos de curta duração sobre os mesmos, mencionando, que esta proposta evidencia mais a aplicação das ferramentas dos *softwares*, conseqüentemente, resultando numa melhor utilização e identificação pelos alunos.

De acordo com os resultados das avaliações de satisfação dos alunos no primeiro semestre de 2011, ficou nítido que a nova proposta das aulas os agradou, pois os resultados obtidos a partir das figuras 13 e 14 mostram uma satisfação maior e mais abrangente dos alunos, também representada no gráfico 1 com os valores da Satisfação Positiva e Negativa dos alunos. Outro ponto importante é o fato de não ter indicações de Fraco e Regular nos dois gráficos de 2011/1.

#### Referências

- DINIZ, A. E., MARCONDES, F. C., & COPPINI, N. L. **Tecnologia da Usinagem dos Materiais**. 5 ed. São Paulo: Artliber, 2006. 255 p.
- FIALHO, A. B. **SolidWorks Office Premim 2008**. São Paulo: Erica, 2008
- PALHACI, M. d., DEGANUTTI, R., & ROSSI, M. A. **Comparação: Solid Edge, AutoCAD ou Prancheta no desenho para os cursos de engenharia?** Curitiba: Graphica 2007, (11 p).
- PREDABON, E. P., & BOCCHESE, C. **SolidWorks 2004: Projeto e DesenVolvimento**. 6 ed. São Paulo: Erica, 2008
- SANTOS, E. T., & MARTINEZ, M. L. **Software para Ensino de Geometria e Desenho Técnico**. Ouro Preto: Graphica 2000, 9 p.
- SILVA, S. D. **CNC Programação de Comandos Numéricos Computadorizados – Torneamento**. 7 ed. São Paulo: Erica, 2007. 308 p.