

DESENVOLVIMENTO DE HABILIDADES DE RACIOCÍNIO ESPACIAL NO CONTEXTO ATUAL DOS CURSOS DE ENGENHARIA: EXPERIÊNCIAS NA UFJF.

Marcos Martins Borges – marcos.borges@engenharia.ufjf.br

UFJF, Faculdade de Engenharia, Departamento de Engenharia de Produção e Mecânica
Rua José Lourenço Kelmer, s/n - Campus Universitário Bairro São Pedro
CEP: 36036-900 - Juiz de Fora - MG

Amanda S. Pereira – amanda_uai@yahoo.com.br

UFJF, Faculdade de Engenharia, PROAC
Rua José Lourenço Kelmer, s/n - Campus Universitário Bairro São Pedro
CEP: 36036-900 - Juiz de Fora - MG

Vitor Mainenti Leal Lopes – vmainenti@gmail.com

UFJF, Faculdade de Engenharia, Departamento de Engenharia de Produção e Mecânica
Rua José Lourenço Kelmer, s/n - Campus Universitário Bairro São Pedro
CEP: 36036-900 - Juiz de Fora - MG

Daiane Lemos Rampinelli – daiane.rampinelli@engenharia.ufjf.br

UFJF, Faculdade de Engenharia, Departamento de Engenharia de Produção e Mecânica
Rua José Lourenço Kelmer, s/n - Campus Universitário Bairro São Pedro
CEP: 36036-900 - Juiz de Fora - MG

Resumo: *Este artigo relata experiências relacionadas à área de expressão gráfica, que se encontra em andamento nos cursos de Engenharia Mecânica e Engenharia de Produção, na Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF). Tais experiências se dão em torno de pesquisas acerca do desenvolvimento de habilidades de raciocínio espacial e objetivam processos de ensino e aprendizagem mais eficazes em detrimento da simples capacitação nos protocolos e padrões do desenho técnico tradicional. O desenvolvimento da capacidade de raciocínio espacial e os conteúdos de desenho técnico podem ser relacionados com o conhecimento implícito e explícito, respectivamente. Discute-se que o conhecimento implícito apresenta maior dificuldade de formalização e conseqüentemente a avaliação da aprendizagem e os métodos utilizados em sala de aula são impactados por este aspecto. Por outro lado, o desenvolvimento de sistemas CAD e mais recentemente da modelagem paramétrica tridimensional, além da inclusão de tópicos de projeto em conteúdos das disciplinas de representação gráfica, representam um grande desafio na articulação de ementas e currículos com uma carga horária cada vez mais restrita. Nesse cenário, é necessário que se busque respostas para algumas questões importantes, tais como: De que forma manter o corpo docente atualizado e capacitado na preparação dos estudantes para o mercado de trabalho? De que forma se dá a construção do conhecimento pelos estudantes? Como a quantidade de informações relevantes acerca do tema pode ser trabalhada em um curto período de tempo? A partir deste contexto, o trabalho apresenta as experiências em desenvolvimento e discute alguns resultados preliminares. Por fim, algumas diretrizes para futuras pesquisas são indicadas.*

Palavras-chave: *Representação gráfica, Raciocínio espacial, Modelagem paramétrica tridimensional.*



1. INTRODUÇÃO

Recentes pesquisas no campo da gestão da inovação, metodologias projeto de produto, entre outros, sugerem que o estudo do projeto é um dos aspectos importantes para a inovação. As empresas que investem em uma combinação de pesquisa e desenvolvimento, marketing e projeto, estão mais propensas a inovar (TETHER, 2009). No campo da Expressão Gráfica é senso comum entre pesquisadores e educadores o fato de que a representação gráfica sempre foi uma das mais importantes linguagens do projeto de engenharia e inovação de produtos (BARR, 2012). Apesar da óbvia importância destes conteúdos na formação de competências para os estudantes de engenharia, verifica-se um número cada vez mais reduzido de horas-aula de conteúdos de representação gráfica nos currículos de engenharia, tanto no cenário nacional, quanto em um contexto global (BORGERSON & LEAKE, 2008). Tal fato se configura como uma tendência mundial, em vez de refletir apenas características locais. Neste sentido, verifica-se de forma clara uma articulação cada vez maior entre representação gráfica e práticas de projeto associadas ao uso de ferramentas computacionais. Essa associação nem sempre foi o padrão de ensino e aprendizagem nos cursos de engenharia, aonde os conteúdos de geometria descritiva, desenho técnico, entre outros, sempre careceram de uma maior contextualização.

2. HABILIDADES DE VISUALIZAÇÃO ESPACIAL

Pesquisadores da área de expressão gráfica têm procurado ao longo do tempo, estabelecer parâmetros que permitam avaliar a capacidade de raciocínio espacial e conseqüentemente propor diretrizes para as práticas de ensino e aprendizagem na área da representação gráfica. Essas pesquisas resultaram em algumas constatações que parecem ser de senso comum. Sorby (1999) indica a importância dos estudantes trabalharem a partir de material de impresso, modelos físicos tridimensionais e com a utilização de peças e elementos de máquinas reais, prática denominada de dissecação mecânica (BORGERSON & LEAKE, 2008), para a elaboração de representações em vistas ortográficas e perspectivas isométricas elaboradas exclusivamente a mão livre.

Barr (2012) ressalta que dentre quatorze itens resultantes de levantamento realizado entre professores de representação gráfica, como sendo habilidades esperadas na formação de engenheiros no que se refere ao campo da expressão gráfica, aparecem três itens com as maiores pontuações em levantamentos realizados tanto em 2004, quanto em 2012. São estes:

- 1- Habilidade para criar modelos sólidos tridimensionais no computador.
- 2- Habilidade de elaborar representações gráficas técnicas a mão livre.
- 3- Habilidade para visualizar e interpretar modelos sólidos tridimensionais no computador.

Podes-se também argumentar que a capacidade de raciocínio e visualização espacial está relacionada ao conhecimento implícito que apresenta como característica uma maior dificuldade de identificação na forma de como ele é construído e

sistemizado, tanto por parte dos estudantes, quanto dos profissionais de forma geral (BRÉZILLON & POMEROL, 2001).

A partir deste contexto, este artigo apresenta algumas experiências em andamento que procura articular tanto o desenvolvimento de competências de raciocínio espacial, quanto à questão da carga horária reduzida destes conteúdos na estrutura curricular dos cursos de Engenharia Mecânica e Engenharia de Produção da UFJF, buscando associar o desenvolvimento de habilidades de desenho à mão livre com a prática da modelagem paramétrica tridimensional.

3. RELATO DAS EXPERIÊNCIAS

Até 2007 as disciplinas representação gráfica do curso de Engenharia de Produção na UFJF eram de responsabilidade do departamento de arquitetura que, na maioria das vezes, alocava professores temporários para ministrar os conteúdos. Esta situação não satisfazia as necessidades do curso, devido a uma abordagem a partir de uma área de conhecimento diferente e pela falta de contextualização dos conteúdos. A partir deste cenário, o departamento de Engenharia de Produção e Mecânica resolveu assumir a área de representação gráfica para os dois cursos que estão ao seu encargo.

Desde então, o departamento oferece três disciplinas relacionadas com o conteúdo de Expressão Gráfica. No curso de Engenharia de Produção existem duas disciplinas com duas horas/aula cada. A primeira ocorre no segundo semestre e a outra no terceiro semestre do curso. O foco deste trabalho está na segunda disciplina. No curso de Engenharia Mecânica, há o oferecimento de uma disciplina dividida em duas turmas, devido a grande número de alunos. Há também para o curso de Engenharia Mecânica a disciplina Desenho de Máquinas, também com dois créditos. A tabela 1 resume as disciplinas oferecidas e suas respectivas horas/aula (créditos).

Tabela 1 – Disciplinas de Representação Gráfica no departamento de Engenharia de Produção e Mecânica - UFJF.

Código	Nome	Curso	Créditos
EPD046A	Representação Gráfica I	Engenharia de Produção	2
EPD046B	Representação Gráfica I	Engenharia Mecânica	2
EPD046C	Representação Gráfica I	Engenharia Mecânica	2
EPD047A	Representação Gráfica II	Engenharia de Produção	2
EPD06A	Desenho de Máquinas	Engenharia Mecânica	2

O conteúdo da disciplina Representação Gráfica I (EPD046A) para o curso de Engenharia de Produção é basicamente relacionado aos conceitos fundamentais do desenho técnico, tais como projeções ortográficas, cortes, dimensionamento, perspectivas isométricas, entre outros. O conteúdo relacionado aos conceitos de CAD é trabalhado na Representação Gráfica II (EPD047A) no terceiro semestre do curso.

No caso do curso de Engenharia Mecânica, os conteúdos básicos juntamente com conteúdos relacionados ao CAD são abordados em apenas uma disciplina de dois créditos: Representação Gráfica I, turmas B e C. Tal situação se mostra claramente como uma má distribuição de conteúdos e carga horária entre cursos e semestres. Uma melhor distribuição é um dos objetivos importantes desta investigação em andamento.

A disciplina de Desenho de Máquinas aprofunda os conhecimentos relacionados ao desenho técnico, com a utilização de recursos computacionais e prepara os alunos para as disciplinas relacionadas ao projeto de máquinas no curso de Engenharia Mecânica.



Deve-se ressaltar que cenários semelhantes são encontrados na maioria dos currículos de engenharia nas principais universidades do Brasil. Entretanto, verifica-se em algumas universidades que há uma séria preocupação e desenvolvimento de pesquisas em torno do tema (MAFALDA *et al.*, 1999) (FOGGIATTO, 2007).

Neste contexto de uma distribuição desequilibrada de conteúdos e horas/aula, relatam-se as experiências em curso descritas aqui. A descrição será focada na disciplina Representação Gráfica I B e C (EPD046B) para o curso de Engenharia Mecânica, uma vez que se configura como o caso mais crítico, principalmente no que se refere à carga horária. A proposta da disciplina é a abordagem dos conteúdos da Representação Gráfica desde os conceitos básicos da Geometria Descritiva nas primeiras aulas, até a Modelagem Tridimensional de uma máquina complexa no final do período como um trabalho desenvolvido em equipe, como se descreve a seguir.

Na disciplina EPD046B para o curso de Engenharia Mecânica, o conteúdo é dividido em três partes principais. O primeiro se inicia de uma forma tradicional, com os alunos freqüentando aulas expositivas e práticas, com a elaboração de exercícios utilizando técnicas de esboços à mão livre. Os conteúdos abordados vão desde conceitos básicos de Geometria Descritiva, até as projeções ortográficas, perspectivas isométricas, corte, dimensionamento e construções geométricas. Os alunos desenvolvem as tarefas a partir de material impresso (perspectivas isométricas de peças mecânicas simples), sem o uso de instrumentos de desenho e uso mínimo de borracha.

Na segunda parte, os exercícios são elaborados a partir de modelos físicos tridimensionais, tanto para a construção de projeções ortográficas, quanto para o desenho de perspectivas isométricas. Nesta etapa também se solicita que os desenhos sejam feitos a mão livre. Nesta progressão alguns conteúdos mais detalhados são incorporados para os exercícios e, desta forma, é possível cobrir o conteúdo básico do Desenho Técnico. Algumas técnicas de construção geométricas também são trabalhadas nesta fase.

Na terceira parte os alunos vão para o laboratório de informática para começar a trabalhar com ferramentas computacionais de modelagem sólida paramétrica (SolidWorks). Nesta etapa da disciplina a intenção é a aproximação ao ambiente do *software* a partir de exercícios que vão desde algumas peças simples, passando por componentes de complexidade média, até partes que apresentam maior dificuldade de modelamento. São elaborados em torno de seis a oito exercícios de complexidade crescente, aonde são trabalhadas as ferramentas principais de modelagem sólida como extrusão e sólidos de revolução, entre outras.

Na etapa final da disciplina, os alunos começam a fazer medições e modelagem de peças equipamentos mecânicos do laboratório de fabricação. O objetivo é apresentar as tarefas mais complexas de modelagem 3D e fazer a ligação com os conhecimentos adquiridos nos exercícios anteriores. Nesta fase, as peças a serem modeladas já fazem parte do equipamento que vai ser objeto do trabalho final da disciplina, atribuído a um grupo de quatro a cinco alunos.

O principal objetivo do trabalho final é colocar os estudantes em contato com um ambiente de trabalho real e estimulá-los a aceitar um desafio que pode parecer difícil à primeira vista. Normalmente, há em torno de seis equipes por turma que trabalham no projeto final.

As tarefas executadas nesta etapa são as medições de todas as partes do equipamento com o uso de paquímetro e régua metálica, transpondo estas medições para esboços elaborados no próprio ambiente das. O laboratório de fabricação é muito próximo ao laboratório de informática, facilitando a interação entre o ambiente real e o

ambiente virtual dos modeladores tridimensionais. A carga horária da disciplina nesta fase caba sendo um pouco ampliada, pois os alunos freqüentemente usam os laboratórios fora do horário de aulas para a execução do trabalho. A Figura 1 apresenta um exemplo de equipamento que é objeto do trabalho final da disciplina.



Figura 1 – Equipamento sendo medido no Laboratório de Fabricação.

No momento, os principais objetivos do trabalho final são a modelagem de cada parte individual da máquina e a realização da montagem nos ambientes virtuais correspondentes do modelador tridimensional. Estas atividades revelam alguns pontos interessantes que o professor da disciplina precisa para trabalhar com os alunos. O primeiro é a necessidade de uma boa estratégia de organização na tarefa de tomar medidas. Uma vez que os alunos têm que dividir as tarefas entre os membros da equipe, é necessária uma boa coordenação para permitir a montagem com precisão. Outro ponto é a necessidade elaboração de esboços precisos das partes para minimizar as ambigüidades e a falta de informações que podem surgir na montagem final.

A Figura 2 mostra o resultado final do guindaste mostrado na Figura 1. Este pode ser avaliado como um bom trabalho, apesar da falta de algumas peças menores. Neste caso específico da figura, o trabalho foi realizado por alunas que declararam, no início do período, alguma dificuldade no que se refere à capacidade de raciocínio espacial.

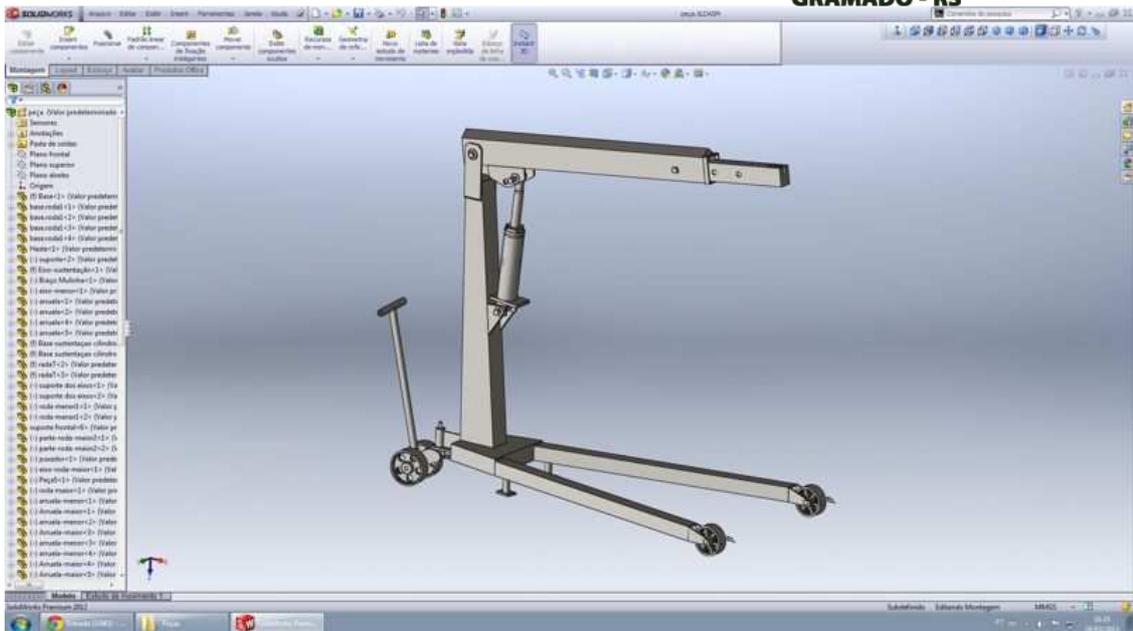


Figura 2 – Resultado de um trabalho final.

É importante ressaltar que, no momento, os trabalhos finais não estão aproveitando todo o potencial do *software* de modelagem tridimensional paramétrica. Os recursos de geração de vistas ortográficas e algumas simulações de comportamento e desempenho dos modelos ainda não foram abordados. A inserção destes conteúdos depende fortemente de uma melhor organização das disciplinas e em mudanças mais profundas na distribuição de carga horária, além da necessidade de criação de novas disciplinas com conteúdo mais específico em simulação, por exemplo.

Desta forma, ao final do período todas as equipes são capazes de completar as tarefas e termina-se com um conjunto de cinco a seis máquinas diferentes modeladas virtualmente. Os tipos de máquinas trabalhadas variaram entre a grua da Figura 1 a equipamentos de uma complexidade um pouco maior, como um torno mecânico. Os alunos podem escolher livremente qual a máquina vai ser modelada. Entretanto, o professor sempre procura desafiar as equipes para trabalhar em equipamentos mais complexos, ressaltando que a complexidade é relativa e muitas vezes é mais uma questão de quantidade do que dificuldade geométrica na modelagem.

A Figura 3 mostra uma sub-montagem modelada por uma equipe com alunos com alguma experiência em desenho técnico e modelagem tridimensional anterior à faculdade. O equipamento modelado, neste caso, foi um torno mecânico completo. Este trabalho especificamente apresentou resultados bastante satisfatórios, com os alunos sendo capazes de ir além do que foi pedido e utilizaram de maneira mais completa os recursos do *software*.

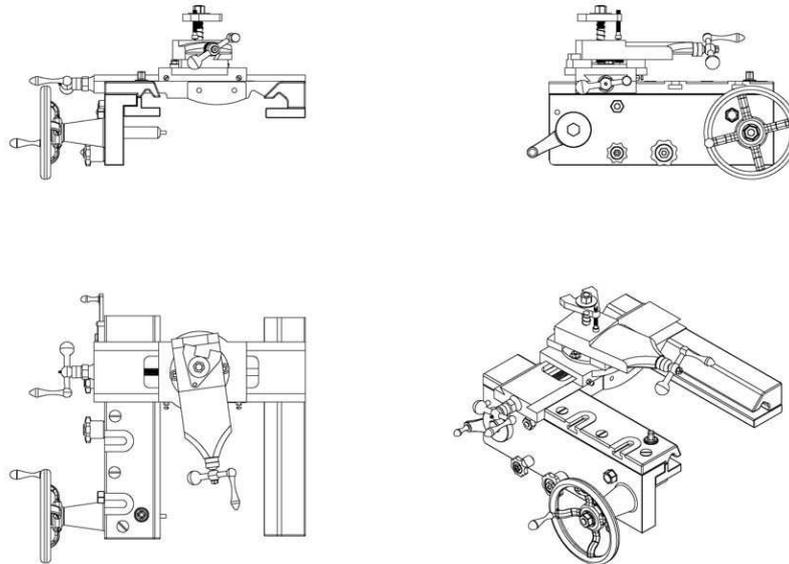


Figura 3 – Vistas ortográficas geradas a partir do modelo sólido.

4. RESULTADOS

Na final do semestre, uma pesquisa em forma de questionário foi realizada com os alunos com perguntas que objetivam identificar como os exercícios iniciais ajudaram nas tarefas de modelagem tridimensional. Este questionário foi distribuído aos alunos ao final do primeiro semestre de 2012. As principais questões da pesquisa são apresentadas a seguir:

1 - Em que nível os exercícios a partir de material impresso contribuíram com as tarefas teóricas e práticas de modelagem tridimensional e a compreensão de seus conceitos?

2 - Em que nível os exercícios a partir de modelos físicos tridimensionais contribuíram com as tarefas teóricas e práticas de modelagem tridimensional e a compreensão de seus conceitos?

3 – Qual o seu interesse no conteúdo de Expressão Gráfica antes de completar a disciplina?

4 - Como é o seu interesse no conteúdo de Expressão Gráfica após a conclusão da disciplina?

Outras perguntas de caráter informativo foram feitas no corpo do questionário, mas omitidas neste artigo por questões de espaço e por não terem relação direta com a pesquisa. O questionário foi aplicado em uma turma de 27 alunos no final do primeiro semestre de 2012, quando os alunos estão no segundo período da grade curricular para o curso de Engenharia Mecânica. No final do questionário os alunos são convidados a escrever um parágrafo com suas impressões sobre a disciplina e quais as mudanças que gostaria que fossem incorporadas para a obtenção de melhores resultados. A identificação dos alunos foi opcional.

As quatro questões principais continham cinco opções de resposta - muito pouco, pouco, neutro, muito, muito - que deveriam ser marcadas com apenas uma opção de resposta. Os resultados preliminares são apresentados no gráfico da Figura 4.

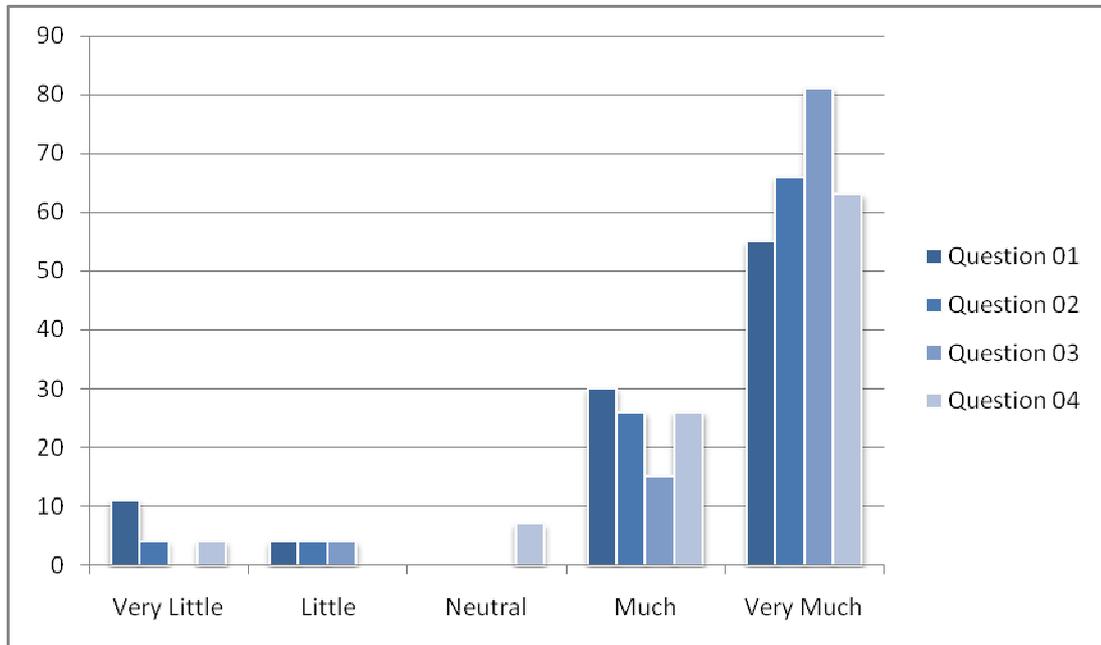


Figura 4 – Resultados das questões 01 a 04.

Observa-se pelos resultados uma resposta significativa no que se refere à contribuição dos exercícios na parte inicial da disciplina. Tal resultado se mostra de acordo com o verificado na literatura (SORBY, 1999) (BARR, 2012).

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Algumas observações podem ser feitas a partir das experiências descritas acima. Primeiramente, o uso de desenhos feitos à mão livre, mostrou-se uma ferramenta importante tanto no desenvolvimento das habilidades de visualização espacial, quanto na aprendizagem dos conteúdos básicos de software 3D paramétrico. No contexto específico das disciplinas avaliadas, verifica-se a necessidade de um aprimoramento do material impresso e dos modelos tridimensionais físicos. Os modelos em uso atualmente são antigos e precisam ser restaurados. Em segundo lugar, verifica-se também a necessidade de reestruturação do conjunto de disciplinas de Representação Gráfica do departamento. A distribuição desequilibrada dos conteúdos e horas/aula pode ser melhorada, abrindo espaço para uma exploração mais profunda da modelagem paramétrica tridimensional. Em terceiro lugar, é necessária mais pesquisa e a utilização de ferramentas mais robustas para a avaliação da construção do conhecimento sobre habilidades espaciais e habilidades de modelagem tridimensional. Nesse sentido, a pesquisa terá continuidade com o uso de métodos de avaliação, como MCT e MRT, entre outros.

Apesar dos inconvenientes na organização das disciplinas, os experimentos mostraram claramente a direção a ser seguida. Os resultados apresentados na figura 4

mostraram apenas quatro perguntas principais de um questionário mais amplo. As questões 01 e 02 demonstram claramente a importância dos esboços à mão livre a partir dos modelos e de material impresso. Observa-se também que no próprio processo de modelagem tridimensional, os estudantes utilizam com frequência os esboços a fim de completar a informação necessária para modelar as peças. As impressões sobre a disciplina escritas pelos alunos também traduzem os resultados do questionário, reforçando a importância dos esboços. Entretanto, as críticas foram também para a necessidade de mais horas/aula dedicadas à modelagem tridimensional. Desta forma, a necessidade de reestruturação do conjunto de disciplinas de Representação Gráfica fica também reforçada. Os resultados parciais apresentados e a continuidade da pesquisa serão a base para essa reestruturação.

Finalmente, é importante enfatizar a necessidade de articulação dos conteúdos Representação Gráfica com o contexto de disciplinas mais avançadas do currículo de engenharia. A necessidade de uma nova disciplina que leve em conta simulações computacionais a partir dos modelos tridimensionais, sugerido por Barr (2012), pode ser uma das direções esta contextualização, uma vez que a modelagem paramétrica tridimensional é a base comum para essas aplicações.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Livros:

LEAKE, J. M., BORGERSON, J. L. *Engineering Design Graphics: Sketching, Modelling and Visualization*, New York: John Wiley & Sons, 2008.

Artigos de periódicos:

BARR, R. E. Engineering Graphics Educational Outcomes for the Global Engineer: An Update, *Engineering Design Graphics Journal (EDGJ)*, Vol. 76, No. 3, pp. 8-12, Fall 2012.

SORBY, S. A. Developing 3-D Spatial Visualization Skills, *Engineering Design Graphics Journal (EDGJ)*, Vol. 63, No., pp. 21-32, Spring 1999.

Publicações periódicas consideradas em parte (suplementos, fascículos, números especiais:

TETHER, B. S. Design in Innovation: Coming out from the Shadow of R&D. An Analysis of the UK Innovation Survey of 2005, DIUS Research Report 09-12, 2009.

Trabalhos em eventos

BRÉZILLON, P.; POMEROL, J. About some relationships between knowledge and context, *Proceedings of the 3rd International Conference on Modeling and Using Context*, Dundee, 2001.



FOGGIATTO, J. A. Recomendação para a Modelagem de Sistemas CAD-3D. *Proceedings of the 4o. Congresso Brasileiro de Engenharia de Fabricação, COBEF*, Estância de São Pedro, 2007.

MAFALDA, R.; RANIERI, R.; SANTOS, E. T.; CHENG, L. Y.; KAWANO, A. Avaliação da Eficácia da Reestruturação dos Cursos de Desenho para Engenharia na Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, *Proceedings of the XXVII Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia*, COBENGE 99, Natal, 1999.

DEVELOPMENT OF SPATIAL REASONING SKILLS IN CURRENT SCENARIO OF ENGINEERING COURSES: EXPERIENCES AT UFJF.

Abstract: *This paper reports some ongoing learning experiences that are being undertaken in engineering courses related to the field of EDG, at Federal University of Juiz de Fora, Brazil (UFJF). Those experiences are related to the development of graphic and spatial reasoning abilities by the students, rather than the capacitating them in the protocols and standards of traditional technical drawing. Those reasoning abilities and the technical drawing contents can be related to the implicit and explicit knowledge respectively. It is discussed that the implicit knowledge is the more difficult to work in the class-room and is also difficult to evaluate how the students acquire it. In the other hand, the development of CAD systems and the inclusion of some design topics in the discipline contents associated with the more recent tridimensional parametric modeling must be fitted in the increasingly reduced credits of the EDG disciplines. In that sense, some questions, must be addressed: how keep the faculty updated to prepare students for the professional market? How undergraduate engineering students are acquiring knowledge over this relevant content? How so many information can be accessed in a short period of time? From this context, this paper presents the experiences that are been undertaken for about three years and discusses some preliminary results from a survey done with the students. Finally, some guidelines for future research are indicated.*

Key-words: *Engineering Design Graphics, Spatial Skills, Tridimensional Parametric Modelling*