

EM BUSCA DE UMA PEDAGOGIA GRÁFICA

*Daniel Wyllie Lacerda Rodrigues¹
Maria Helena Wyllie L. Rodrigues²*

Resumo: Neste artigo, a partir de uma breve discussão sobre a presença dos tradicionais métodos de projeção, em especial a geometria descritiva, nos currículos de cursos universitários, descreve-se como se conduziu o processo de ensino/aprendizagem no segundo módulo da disciplina “Sistema Geométrico de Representação”, oferecida na Escola de Belas Artes da UFRJ para alunos de Desenho Industrial. A nova abordagem teve o propósito de trabalhar prioritariamente as competências embutidas em tópicos do programa de SGRII, de modo que os estudantes pudessem perceber a aplicabilidade desses conhecimentos no desenvolvimento de projetos de produto. Para isso, aproximou-se a teoria da prática, propondo-se atividades interativas com a ajuda de materiais concretos e de recursos que a tecnologia computacional disponibiliza nos dias de hoje. Os comentários comparativos, emitidos pelos estudantes que frequentaram os dois períodos da disciplina encaminhados de maneiras diferentes, testemunham o sucesso da nova didática.

Palavras-chave: educação gráfica, geometria construtiva, recursos didáticos.

Abstract: From a brief discussion about the presence of traditional methods of projection, descriptive geometry in particular, in the curricula of undergraduate courses, this paper describes the teaching/learning process employed during the second module of the subject “Geometric System of Representation” (GSRII), offered to Industrial Design undergraduate students at “Escola de Belas Artes” – UFRJ. The new approach was designed to especially develop the competencies found in the GSRII program, in a way to enhance students’ perception of the applicability of such foundations to the development of product designs. In order to achieve this goal, theory and practice were brought together by proposing interactive activities combining resources made available by current computer technologies and concrete materials. The comments made by students who attended the two modules, with regards to their learning process using the traditional method (used in the GSRI module) and the new approach, point to the success of this new didactics.

Keywords: graphics education, constructive geometry, didactic resources.

¹ Escola de Belas Artes – UFRJ - dwyllie@eba.ufrj.br

² Escola de Belas Artes – UFRJ - mhwyllie@eba.ufrj.br

1 Introdução

Quando os programas de auxílio ao desenho começaram a ser lançados no mercado, presumiu-se que os métodos de concepção e representação da forma, até então ensinados nas instituições educacionais, entrariam rapidamente no rol dos procedimentos obsoletos.

Em relação à geometria descritiva, que ainda hoje é ministrada em alguns colégios de ensino médio e certos cursos universitários - Engenharia, Arquitetura, Matemática e Design - bem como em determinadas formações ligadas à área artística, duas bandeiras se levantaram. De um lado ficavam os defensores da manutenção do ensino das técnicas tradicionais e, de outro, os que exaltavam a renovação e se apressavam a explorar os ambientes computacionais que permitiam modelar objetos e obter suas projeções com maior precisão, economia de tempo e de traçados. Essa conquista tornaria desnecessária a construção de épuras descritivas como meio gráfico de resolver problemas relacionados aos entes geométricos. Entre os dois grupos de manifestantes, porém, havia um ponto de concordância: a teoria das projeções é inabalável e deve ser mostrada aos alunos.

Esse posicionamento aparece claramente na pesquisa que Azevedo e Tavares (2012) realizaram na UFRJ, comparando as respostas dadas nos anos de 2005 e 2012 por professores de geometria descritiva ao questionamento “Vida ou Morte da GD?”. Embora a amostra fosse pequena e os dados coletados se distanciassem em sete anos, os resultados indicaram que, na opinião dos consultados, é importante conservar o ensino da GD, porém a disciplina deve ser ‘repaginada’, termo este utilizado por mais de um respondente.

Sabe-se que várias iniciativas vêm sendo tomadas visando essa ‘repaginação’, contudo é comum verificar-se também que o método descritivo e outros processos de representação da forma, apesar de mantidos no cotidiano da sala aula em algumas instituições brasileiras, por vezes são abordados segundo os padrões de preferência, convicção e familiaridade daqueles que os lecionam. Isso quer dizer que ainda há resquícios da tendência a seguir-se uma série de itens de programas antigos e ensinar-se de modo similar ao que se aprendeu. É o que se tem presenciado ao ver os professores desenhando no quadro-de-giz e os alunos debruçados sobre as pranchetas copiando exaustivos traçados e, em alguns casos, apenas reproduzindo passos sem saberem exatamente o porquê de cada um deles; conseqüentemente, não percebendo suas relações com o que ocorre no espaço tridimensional.

Como ‘repaginar’ a geometria descritiva, então?

2 O lugar da Geometria Descritiva na Ciência Gráfica

O termo “Ciência Gráfica” qualifica uma associação criada no Japão e mencionada por Suzuki (2002) na 10th *International Conference on Geometry and Graphics*, ao lembrar que o primeiro anúncio da *Japan Society for Graphic Science*, fundada em 1967, afirmava que a Ciência Gráfica incluía não somente a geometria descritiva, mas também desenhos nos campos da engenharia, arquitetura, artes e outros em que se aplicavam os métodos gráficos de representação.

Trazendo tal definição ao mundo de hoje, o autor chama a atenção para dois aspectos que são levados em conta, no Japão, com referência a esse campo de conhecimento e, principalmente, após a emergência da tecnologia gráfico-computacional: 1) A GD pode ser considerada como a mãe da Ciência Gráfica e 2) apesar de esta ciência ter-se originado da GD, ela compreende inúmeras aplicações da geometria e da representação gráfica, além de cobrir um amplo conjunto de conteúdos que não apenas os daquela disciplina.

Dentro de tal amplitude, Suzuki assinala que a Ciência Gráfica comporta aspectos de ordem teórica, técnica e cognitiva ou psicológica. O primeiro reúne os fundamentos que permitem compreender a gramática das formas geométricas (seus elementos, relações e leis de descrição e geração); o segundo privilegia a prática, concentrando-se, em grande parte, no uso de recursos computacionais para a modelagem, visualização e representação de objetos e a resolução de problemas; o terceiro aspecto se baseia no fato de que a expressão gráfica, em suas diversas modalidades, é um meio fundamental de comunicação entre os seres humanos.

Bertoline (1998, p.181) é outro pesquisador a defender a criação de um corpo de conhecimento único, que englobe as várias áreas nas quais se aplica o desenho e envolva as pessoas que nelas atuam. Para isso, argumenta que “somente através do desenvolvimento desta disciplina emergente é possível que todas as atividades gráficas venham a ser vistas no contexto de uma disciplina comum: ciência visual”.

Oito anos antes, o mesmo autor discutia, na 7th *International Conference on Geometry and Graphics*, sobre o risco da desvalorização e descarte da geometria descritiva, expressando-o sugestivamente no título de seu artigo: *Glass Boxes, Fold Lines, and Fairy Tales: Has 3-D Computer Graphics Rendered Descriptive Geometry Obsolete?* (BERTOLINE, 1990).

É oportuno reproduzir, aqui, a explicação de Rodrigues (1999) a respeito do título criado por Bertoline:

[...] ‘caixas de vidro e dobraduras’ – recursos apresentados como métodos artesanais de levar os alunos à visualização dos referenciais específicos na representação da tridimensionalidade; (2) ‘contos de fada’ – metáfora que sugere a inversão de papéis: o que antes era ficção passa a ser realidade e o cotidiano tradicional é relegado ao terreno da fantasia; (3) ‘terá a gráfica computacional em 3-D tornado a geometria descritiva obsoleta?’ – pergunta indicadora da ameaça de extinção da linguagem descritiva pelos sofisticados editores gráficos trazidos ao mercado. (RODRIGUES, 1999, p. 35)

Não obstante, o próprio Bertoline ressalta, na parte final daquela mesma comunicação, a importância do aprendizado dos conceitos de geometria descritiva pelos alunos de engenharia:

Monge criou a geometria descritiva como ciência das técnicas de projeção baseada num meio bidimensional. Uma vez que é comum usar-se agora o meio tridimensional para representar os objetos, então a geometria descritiva continuará a ser a base para o desenho técnico e de engenharia. (BERTOLINE, 1990, p. 304)

A conciliação entre a geometria descritiva e a computacional é proposta por Anand (1988, p.1) ao ponderar que se tanto uma quanto a outra “possuem o mesmo objetivo final – a descrição do objeto para o propósito de sua fabricação - parece lógico que os estudantes de engenharia sejam expostos a ambas as abordagens”.

Embora os depoimentos dos autores até aqui lembrados tenham sido feitos há bem mais de uma década e, de lá para cá, a geometria descritiva, como disciplina, venha tendo sua carga horária reduzida, quando não abolida completamente em alguns cursos universitários para os quais era considerada fundamental, ainda se ouve o som desse debate.

Stachel (2007), em apresentação feita por ocasião do 40º aniversário da mencionada *Japan Society for Graphic Science*, destaca os prós e contras do estudo da GD, considerando obsoletas “as construções manuais complexas, as difíceis comprovações teóricas e a teoria de como obter imagens de particulares objetos tridimensionais”. Como prós, aponta os seguintes: desenvolver a capacidade de compreender os objetos tridimensionais; orientar-se mentalmente no espaço 3-D dentro do sistema coordenado e obter o conhecimento básico da geometria 3-D. Também indica, como pontos positivos, a oportunidade de promover a criatividade e a aquisição das habilidades necessárias à resolução de problemas. Em sua exposição, ele enuncia algumas exigências atuais: manipular *software* para modelagem geométrica e visualização; tratar novas formas geométricas (como, por exemplo, as superfícies B-spline); ser capaz de lidar com arquivos gráficos de diferentes formatos; projetar animações e reduzir o fluxo de informação gráfica ao essencial.

Vale acrescentar ainda o comentário do arquiteto neozelandês Mark Burry (2013) a respeito de sua satisfação ao ter a chance de entrar em contato, no ano de 1979, com a obra de Gaudi para a Basílica da Sagrada Família em nível de projeto, não sendo, assim, meramente o observador de um trabalho concretizado. Diz ele que foi como se tivesse sido apresentado à geometria descritiva de uma forma sob a qual não tivera a oportunidade de se envolver nem no ensino médio nem, posteriormente, ao cursar a arquitetura. Segundo o autor, o ponto mais afortunado desta redescoberta foi o de ter-lhe sido possível ver os traçados de Gaudi uma década antes de os arquitetos terem acesso a um computador pessoal e, muito menos, disporem de programas apropriados para o desenho arquitetônico. Revela, então, que iniciou-se na tecnologia gráfica-computacional transferindo, em 1989, suas duras conquistas no aprendizado dos procedimentos operacionais da geometria descritiva para os ambientes digitais, uma vez que os pacotes de *software* destinados à arquitetura, naquele tempo, eram incapazes de realizar a tarefa que ele tinha em mãos.

Após passados vinte e quatro anos de sua primeira incursão no computador, já familiarizado com as ferramentas mais recentes de auxílio ao desenho e com as técnicas paramétricas, o arquiteto declara que as adapta e aplica de modo a fazer o trabalho de modelamento da Basílica da Sagrada Família de acordo com os dados informativos que obtivera. Foi, portanto, o estudo do projeto da igreja, esboçado descritivamente, que lhe permitiu visualizar com nitidez a ideia e a intenção de seu criador.

Diante dos avanços que chegam ao conhecimento da comunidade atuante nos campos da geometria e da expressão gráfica, por meio da literatura e de palestras e *workshops* ocorridos em colóquios acadêmicos e científicos, resta perguntar se a educação em nosso país está, efetivamente, enfrentando o desafio de preparar os estudantes para esta realidade e, numa perspectiva mais ambiciosa, até mesmo se antecipando ao futuro.

Quanto à questão aqui ventilada, observa-se que várias iniciativas vêm sendo tomadas, no Brasil, por pesquisadores e professores que visam acompanhar a evolução das técnicas com o uso de materiais complementares no estudo de disciplinas usuárias do desenho. Citam-se como exemplos o trabalho de Seabra (2009) – criação de um ambiente virtual - e o de Rêgo (2011) - utilização de múltiplos recursos - ambos empenhados em desenvolver a capacidade de visualização dos estudantes.

Também proliferam páginas na *web* como alternativas de oferecer aos alunos informações adicionais sobre os tópicos de geometria descritiva vistos em aula: “Espaço GD”³, criado por Alvaro José R. Lima, docente na Escola de Belas Artes da UFRJ; HyperCal GD⁴, desenvolvido na UFRGS por Fábio G. Teixeira, Régio P. da Silva, Tânia Luisa K. da Silva e Fernando B. Bruno; Geometria Descritiva II⁵, projetado na FAU da UFRJ, e uma série de 72 vídeos produzidos por professores de geometria descritiva da UFF e organizados por Alex W.⁶, que cobrem vários itens da matéria.

A lista de ofertas, imbuídas dessa finalidade, não se esgota aqui. Contudo, a despeito de se acreditar nos resultados satisfatórios obtidos por estas e outras alternativas de cunho didático e reconhecer-se o seu valor, tal tipo de ação permanece isolado e, em alguns casos, mantém-se atrelado aos antigos procedimentos operacionais. Isso indica que não parece ter ocorrido ainda uma total adesão à ideia de reformulação do ensino gráfico para fazer frente à evolução e às demandas nesta área de atividade e, muito menos, promoveu-se um movimento coletivo que traçasse diretrizes de maneira a sistematizar formalmente a “ciência gráfica” como um corpo do saber, concedendo-lhe o merecido espaço na educação brasileira.

Convém lembrar, no entanto, que a dificuldade de alterar os modelos vigentes advém, outrossim, de questões políticas e econômicas. Trata-se, então, de propulsionar uma mudança de atitude não somente de professores como, igualmente, por parte de gestores e autoridades educacionais.

3 Justificativa para o experimento exploratório em SGR II

Contrariamente ao que ocorre no primeiro período de Sistema Geométrico de Representação, vários conteúdos de geometria descritiva tornam-se irrelevantes durante a realização das tarefas propostas no módulo II daquela disciplina. Isto porque, ao modelarem poliedros, sólidos de revolução, superfícies quádricas e outras com o auxílio de uma ferramenta digital, os alunos logo percebem que as projeções ortográficas podem ser obtidas diretamente dos modelos gerados em 3-D. Em consequência, a compreensão dos processos de criação das formas passa a ocupar grande parte do tempo antes reservado ao aprendizado das técnicas tradicionais de representação. Todavia, isso não significa que os conceitos fundamentais envolvendo o trabalho com projeções devam ser descartados. Continua sendo importante, por

³ <http://www.eba.ufrj.br/gd/>

⁴ <http://www.gd.ufrgs.br/hypercal/Indice.htm>

⁵ www.fau.ufrgd/j.br/

⁶ <http://www.youtube.com/playlist?list=PLE33F148F70AD2BD3>

exemplo, saber quais são as condições necessárias para que um segmento de reta seja projetado em verdadeira grandeza num plano, assim como compreender a diferença entre os tipos de projeção cilíndrica e cônica.

3.1 Inovações introduzidas no encaminhamento da disciplina

Nesta subseção⁷, mostraremos alguns exercícios que ilustram como foi possível interligar conteúdos de geometria euclidiana (plana e espacial) e eventualmente analítica com itens de representação, a fim de estimular o raciocínio espacial dos aprendizes. Na maioria dos casos, porém, a geometria descritiva, no que respeita suas operacionalizações, praticamente desaparece.

Sabendo que o objeto, representado em perspectiva na figura 1, é formado por cubos idênticos e cada uma das arestas desses cubos tem uma unidade de comprimento, pede-se para calcular a distância entre os vértices indicados.

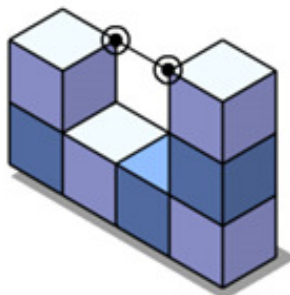


Figura 1 - Determinar a distância entre dois pontos no espaço 3-D
(Fonte do autor)

Em princípio, podemos pensar que a solução também mede uma unidade; entretanto, trata-se de uma ilusão de ótica. Um desenho no plano com dois triângulos retângulos corretos resolve o problema. A resposta é $\sqrt{6}$ (figura 2).

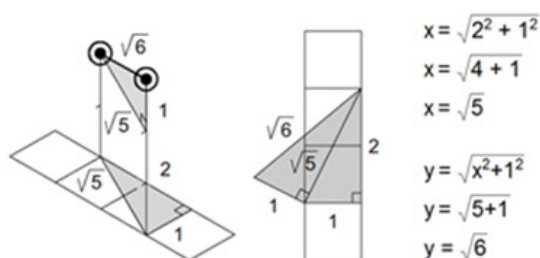


Figura 2 – Solução do problema
(Fonte do autor)

⁷ A narrativa no item 3.1 é feita em 'plural de modéstia' pelo autor que conduziu o experimento exploratório na turma de SGR II.

A questão abriu um amplo leque de observações: foi possível falarmos sobre projeção cilíndrica ortogonal (do segmento no plano horizontal), perspectiva isométrica, rebatimento (de um dos triângulos retângulos) e teorema de Pitágoras. Aos alunos mais interessados, tivemos até mesmo a oportunidade de sugerir a dedução da fórmula da distância entre dois pontos no espaço tridimensional considerando três eixos ordenados e ortogonais entre si. Apelamos, então, para a geometria analítica. Variações criativas do primeiro desafio os ajudaram a fixar os métodos de resolução (figura 3).

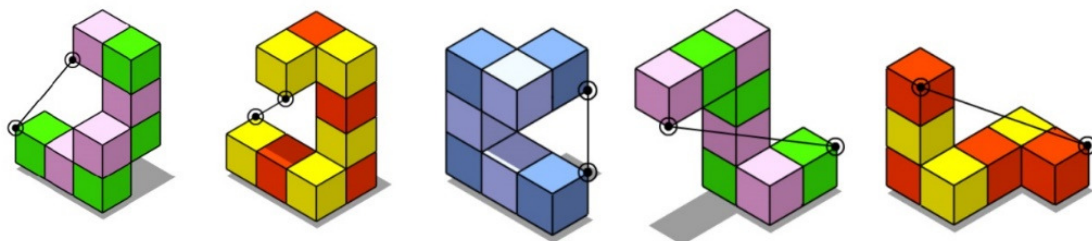


Figura 3 - Variações criativas do problema original
(Fonte do autor)

Adicionalmente, visando conjugar uma componente tátil à experiência visual, utilizamos peças de um brinquedo chamado *Livecube* (figura 4), viabilizando a construção e desconstrução de qualquer um dos objetos.

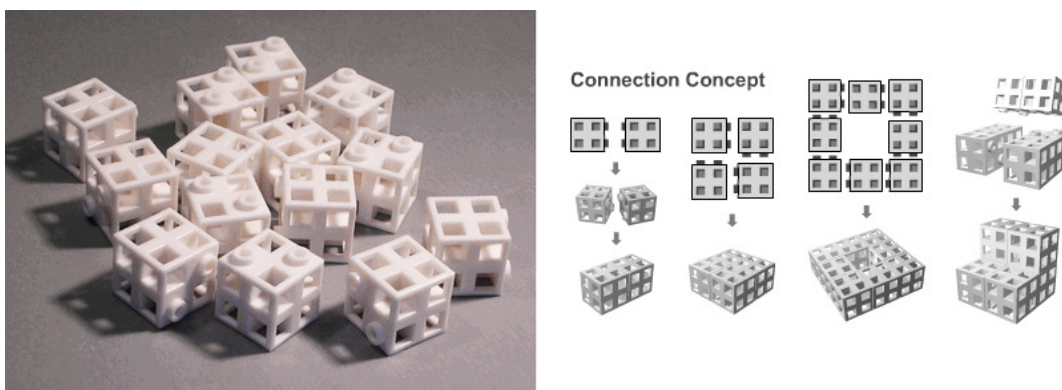


Figura 4 - Peças de *Livecube*
(Fonte: <http://www.livecubeshop.com/20cmblocks1.html>)

A manipulação de modelos físicos de diferentes tamanhos no espaço tridimensional auxiliou os estudantes na análise de elementos anteriormente vistos apenas por projeções no plano. Para construir poliedros platônicos, arquimedianos e

alguns sólidos de Johnson⁸, por exemplo, recorremos a três *kits* de montagem de poliedros: *Zome*, *Crazy Forts* e *Ogo Bild Pod*. Todos os itens destes conjuntos são compostos por conectores e hastes de diversos tamanhos que servirão, respectivamente, de vértices e arestas dos sólidos (figura 5).



Figura 5 - Da esquerda para a direita: kits *Zome*, *Crazy Forts* e *Ogo Bild Pod*
(Fontes: <http://zometool.com/>, <http://www.crazyforts.com/> e
<http://www.ogosport.com/main/ogostore>)

Sempre procurando respostas para uma série de perguntas, estimulamos a turma a manipular, analisar e executar algumas construções com as peças do *Zome*.

Qual é o formato dos conectores? Em princípio, cada um lembra uma pequena esfera; não obstante, um exame detalhado revela o formato de um poliedro. Qual? Algum particularmente conhecido? Observem que suas faces são pentágonos regulares, retângulos áureos e triângulos equiláteros. E quanto às arestas? Como elas se encaixam no conector? Por que algumas hastes são prismas e outras antiprismas alongados? As cores azul, vermelha, verde e amarela possuem alguma relação com os encaixes? Há hastes que diferem umas das outras em comprimento? Quais são as proporções entre elas? As proporções foram planejadas ou escolhidas ao acaso?

Até mesmo questões relacionadas a materiais e processos de fabricação foram exploradas. Que tipo de máquina poderia produzir uma peça de tamanha complexidade? Teriam sido os conectores obtidos por meio de moldagem de plástico por injeção? Quais polígonos podem ser construídos com o *kit*? E quanto aos poliedros? O sistema permite a montagem de todos os sólidos regulares? E em relação aos semirregulares? Vemos que certas hastes possuem desvios nas pontas e que alguns sólidos só podem ser construídos com elas. Quais são eles?

⁸ http://en.wikipedia.org/wiki/Johnson_solid

Embora pequenas, as peças do *Zome* admitem a construção de inúmeras variações de estruturas poliédricas e, pelo fato de os alunos da turma estarem trabalhando em duplas, todos tiveram a chance de usufruir deste material. Triângulos equiláteros, quadrados, retângulos áureos, pentágonos e hexágonos regulares, além dos poliedros platônicos e muitos outros puderam ser construídos com o conjunto.

As peças de *Crazy Forts* e *Ogo Bild Pod*, no entanto, são maiores; enquanto a maior das hastes do *Zome* mede cerca de 18 cm, as dos kits *Crazy Forts* e *Ogo Bild Pod* medem, respectivamente, 40 cm e 60 cm de comprimento. Neste caso, a construção dos modelos foi restrita ao professor.

Em sala de aula, usamos o *Crazy Forts* para armar o tetraedro, o octaedro e o hexaedro regulares, além do cuboctaedro e do rombicuboctaedro. Já a montagem do icosaedro regular ficou por conta do *Ogo Bild Pod*.

A árdua tarefa de atrair a atenção dos estudantes tornou-se suave com a montagem de poliedros nessas dimensões, uma vez que todos eram capazes de enxergá-los de longe. Mostrou-se particularmente útil o icosaedro composto de peças do *Ogo Bild Pod* em virtude das cores de seus vértices. Montamos o sólido de tal modo que cada grupo de três vértices da mesma cor definisse um plano paralelo ao horizontal de projeção, visualização esta que facilitou muito a resolução do problema. Uma vez determinadas as cotas, o restante foi imediato. A situação é ilustrada na figura 6.

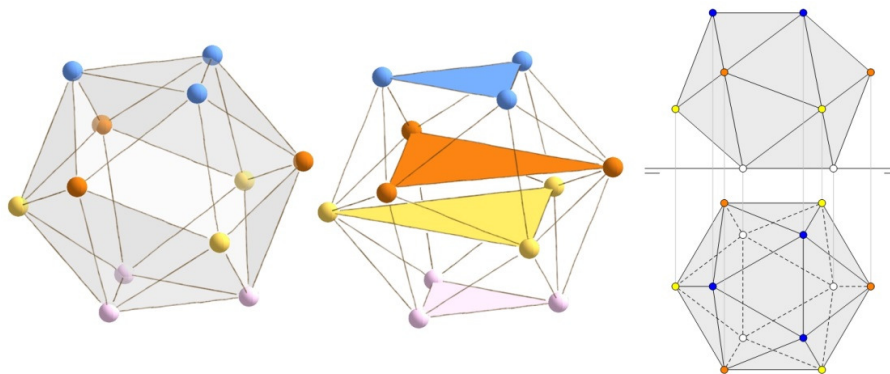


Figura 6 – Visualização de planos de nível com diferentes cotas
(Fonte do autor)

Os alunos começaram aprendendo a representar os sólidos platônicos em épura, porém logo em seguida os modelaram no *software SketchUp*. Contudo, antes mesmo de os poliedros serem representados em dupla projeção ortogonal no papel ou modelados no computador, chamamos a atenção para suas propriedades particulares e também para os métodos de obtenção de uns a partir de outros. Com o *kit Zome*,

por exemplo, foi possível montar um tetraedro inscrito em um cubo. O icosaedro, por sua vez, comporta três retângulos áureos dispostos em planos ortogonais entre si (figura 7).

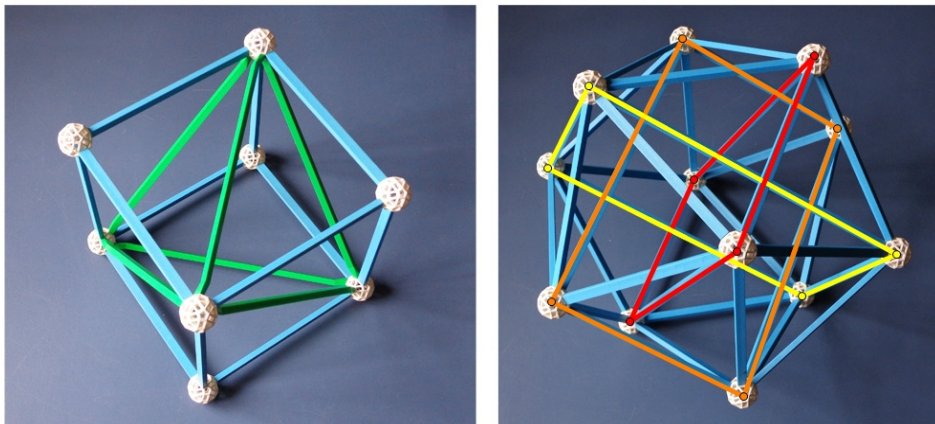


Figura 7 - Modelos de poliedros platônicos construídos com o *Zome*
(Fonte do autor)

O estudo prévio da razão áurea seria fundamental para analisar tanto o dodecaedro quanto o icosaedro regulares. Por isso, além de explicarmos como obter a proporção divina pelos métodos algébrico e geométrico, sugerimos que os alunos acessassem diversos vídeos disponíveis na Internet sobre o tema. Num destes vídeos, o matemático Keith Devlin⁹ revela mitos e verdades sobre a presença da razão áurea na natureza, nas artes plásticas, na arquitetura e no design¹⁰. Na animação de Cristóbal Vila¹¹, belas sequências de imagens são geradas em computação gráfica.

Paralelamente, propusemos a leitura de vários textos sobre o assunto, dentre os quais se destacam capítulos dos seguintes livros: *Alex no País dos Números* (BELLOS, 2010), *A Matemática das Coisas* (CRATO, 2009) e *Almanaque das Curiosidades Matemáticas* (STEWART, 2009). Na hora de modelar os sólidos no computador, em virtude de o *SketchUp* facilitar a construção de retângulos áureos, os alunos gastaram pouco tempo no processo.

Numa segunda etapa, levamos novos brinquedos para a sala de aula. Desta vez, foram as invenções de Charles Hoberman que tomaram a dianteira. O primeiro item em análise foi o *Tulu Rattle*, um chocalho para bebês que, como num passe de mágica, pode transformar-se de tetraedro em cubo e vice-versa. Neste caso, a relação com o tetraedro encontrado dentro do cubo é imediata (figura 8).

⁹ <http://www.youtube.com/watch?v=IEQ7UYZ3nzg>

¹⁰ <http://www.youtube.com/watch?v=IEQ7UYZ3nzg>

¹¹ <http://www.youtube.com/watch?v=kkGeOWYOFoA>



Figura 8 - O brinquedo *Tulu Rattle* em suas duas configurações
(Fonte: <http://www.amazon.co.uk/Manhattan-206510-Tulu-Rattle/dp/B000V64FKE>)

Trabalhamos também com outro chocalho que costuma exercer forte atração às crianças - o *Skwish* - cuja forma é a de um poliedro estudado anteriormente na mesma disciplina. Em sua estrutura flexível e autotensionada estão presentes os lados maiores de três retângulos áureos ortogonais entre si.

Desafiamos a turma a descobrir qual seria o poliedro. Sem sombra de dúvida, a resposta correta dada foi o icosaedro (figura 9).

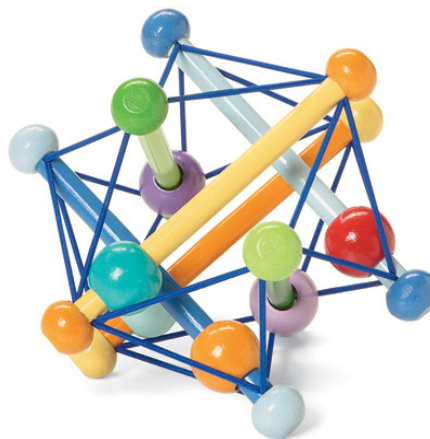


Figura 9 - O chocalho *Skwish*
(Fonte: <http://www.amazon.co.uk/Manhattan-Toy-Colour-Burst-Skwish/dp/B0007Q1K06>)

Utilizamos ainda, como material didático, um terceiro brinquedo criado por Charles Hoberman¹²: a bola *Switch Pitch*. O interessante neste artefato é que, ao ser jogado para o alto, suas partes sofrem rotações fazendo com que a cor externa predominante do objeto mude por completo (figura 10). À primeira vista pode não parecer, mas tanto o *Tulu Rattle* quanto a *Switch Pitch* se baseiam no mesmo mecanismo.

¹² <http://seedmagazine.com/designseries/chuck-hoberman.html>



Figura 10 - A bola *Switch Pitch* em transformação de um estado para outro
(Fonte: <http://pingmag.jp/2007/07/13/transformable-architecture/>)

Todas as atividades aqui descritas, e realizadas durante o experimento exploratório, tornaram claro para os estudantes que uma coisa é dominar um conceito e outra é aplicá-lo de modo criativo e inovador.

Numa das questões propostas, por exemplo, visando estimular seu pensamento geométrico, pedimos que calculassem o volume de um tetraedro regular inscrito num cubo de arestas com uma unidade de comprimento cada.

Como encontrariam a solução, sabendo que o volume do tetraedro regular é igual a um terço da área da base multiplicada por sua altura?

Ora; existem duas maneiras de resolver o problema. A mais evidente, porém um tanto cansativa e demorada, exige o cálculo da área da base e da altura do próprio tetraedro; seguindo-se por este caminho, o teorema de Pitágoras deve ser aplicado três vezes sucessivas. Outra, extremamente menos trabalhosa, leva em consideração o fato de que o volume do tetraedro regular corresponde ao do cubo subtraído dos volumes de quatro pirâmides congruentes, cujo cálculo é trivial (figura 11).

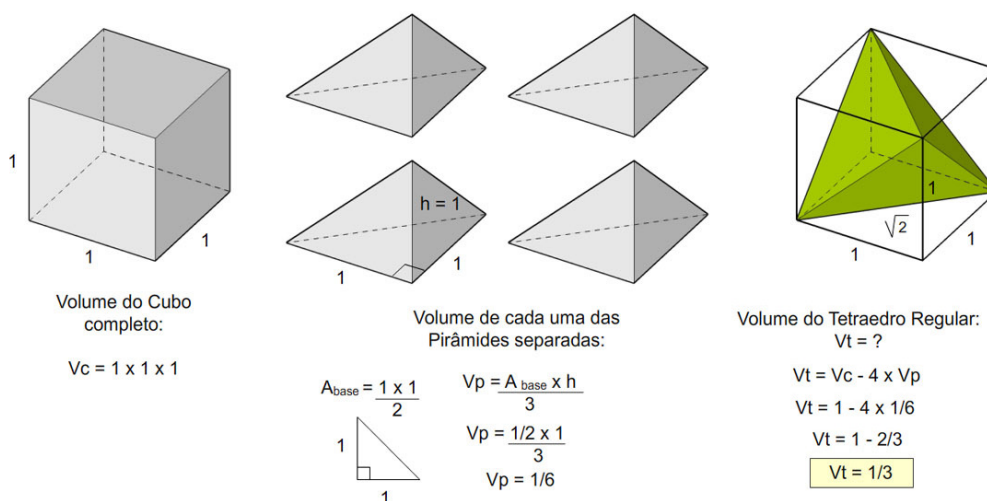


Figura 11 - Solução fácil para o problema do tetraedro regular inscrito em um cubo
(Fonte do autor)

A propósito, reproduzimos uma citação atribuída a Bill Gates que há vários anos circula na Internet: “Eu geralmente procuro um funcionário preguiçoso para uma tarefa difícil. Ele sempre encontra a maneira mais fácil de resolver o problema”.

É bem provável que Bill Gates nunca tenha dito tais palavras, não obstante o comentário nos faz pensar que talvez haja um fundo de verdade nesta assertiva. Porém, a nosso ver, apesar de parecer contraditório, só pode dar-se ao luxo de ser preguiçoso quem trabalha duramente para isso.

Durante as aulas no laboratório, percebemos que a geração de modelos digitais interessou à maioria dos estudantes, muito embora alguns questionassem o motivo de não escolhermos outro *software* mais poderoso e apropriado do que o *SketchUp* para o mercado de trabalho, tal como o *Rhino* ou o *SolidWorks*.

Em parte, justificamos o uso do *SketchUp* em virtude de ele ser simples de utilizar, livre e acessível. Além do mais, nosso objetivo era fazer com que eles passassem pela experiência de superar as limitações do programa graças à bagagem de conhecimentos e competências conquistados. Neste sentido, o que realmente nos parece fazer falta aos alunos é uma base sólida em álgebra vetorial, algoritmos e programação.

Outro artifício que revelou ser de grande proveito didático em SGR II, devido ao fato de o estudo de superfícies curvas constar de programa dessa disciplina, foi o trabalho realizado com dobraduras em papel, que permitiu a construção física de alguns sólidos de revolução e superfícies quádricas (figura 12).

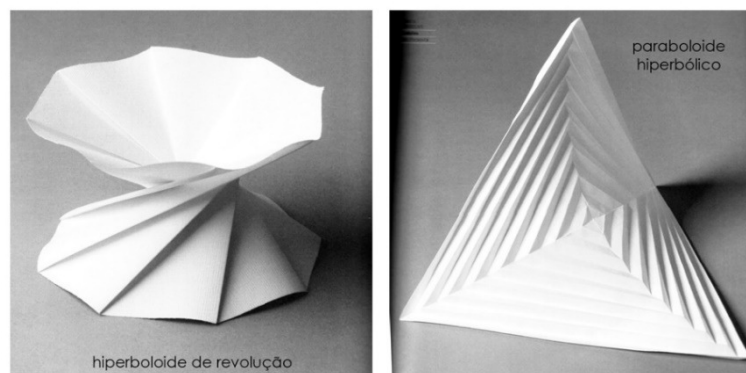


Figura 12 - Hiperboloide de revolução e parabolóide hiperbólico de papel
(Fonte: JACKSON, P., 2011)

Ao término do período de aulas, propusemos alguns desafios de topologia intuitiva. Mostrávamos um corpo elástico que precisaria ser transformado de um estado para outro de modo a respeitar as condições apresentadas na seguinte pergunta:

Como separar as duas argolas sem que qualquer delas seja partida e reconectada?

A figura 13 mostra os estados inicial e final da primeira questão proposta à turma nesta categoria.



Figura 13 - Estados inicial e final de um desafio topológico
(Fonte do autor)

Paradoxalmente, a solução parecia inexistir; os exercícios desse tipo diferiam muito de qualquer problema visto anteriormente. Em primeira instância, as soluções deveriam ser representadas à mão livre, pois tanto os instrumentos tradicionais de desenho (régua e compasso) quanto as ferramentas de modelagem 3-D seriam inúteis para auxiliar na tarefa. Na melhor das hipóteses, apenas o registro dos percursos, estes caracterizados como uma sucessão de transformações elásticas, poderia ser beneficiado com o apoio do computador. Contudo, tal refinamento gráfico só faria sentido após os croquis manuais revelarem as principais passagens do percurso completo.

Obter êxito na execução desta atividade dependeria, então, de um ciclo iterativo de imaginação, representação e visualização. Era necessário que, primeiramente, o aluno observasse com atenção o estado inicial da peça apresentada e depois imaginasse uma pequena variação elástica de uma parte do todo. Ao esboçar com o lápis sua ideia no papel, ele registraria no mundo físico uma imagem que antes estava isolada em sua mente. Por sua vez, numa segunda rodada, esse esboço serviria de base para a criação de uma nova imagem mental, a qual também deveria ser representada externamente.

Considerando a dificuldade em encontrar materiais concretos que simulassem tais deformações, o desenho passou a ser a única alternativa viável para desvendar o enigma (figura 14).

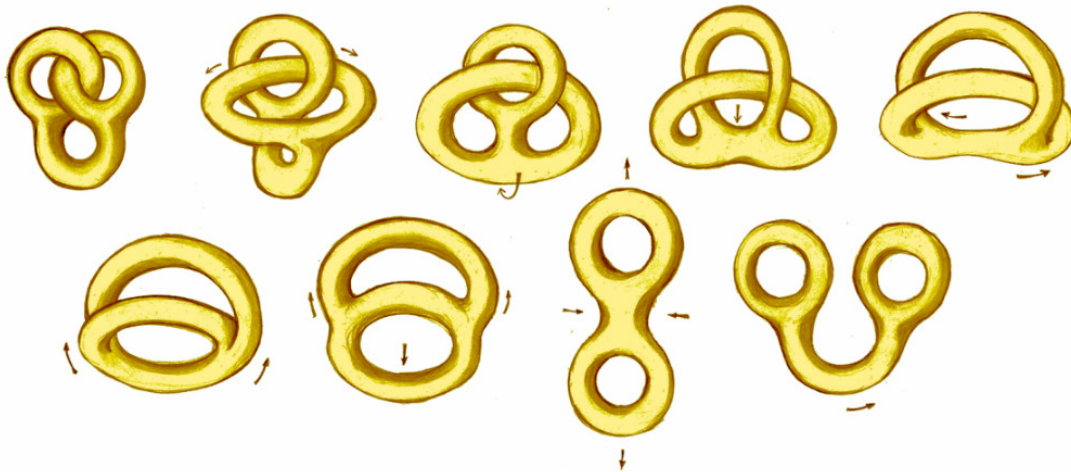


Figura 14 - Representação gráfica da solução do problema de topologia
(Fonte do autor)

Vários jogos de desafio, assim como alguns brinquedos de montagem, evidenciam a aplicação de conceitos topológicos no design de produtos. Dentre eles, destacamos o *Tangle*, que também apresentamos à turma. Cada *Tangle* é composto de 18 setores tubulares no formato de joelhos (dobrados em ângulos de 90°), os quais, interligados, formam um ciclo completo. Na realidade, cada parte pode ser descartada ou adicionada. É pertinente observar, por exemplo, que mesmo uma estrutura composta por apenas nove peças é capaz de configurar-se em diversos formatos sem nunca alterar sua topologia original (figura 15). Todas as partes são feitas de plástico rígido, não sendo empregado qualquer tipo de material flexível na geração do produto. Portanto, a maleabilidade depende apenas das rotações desses itens em relação aos seus eixos de encaixe.

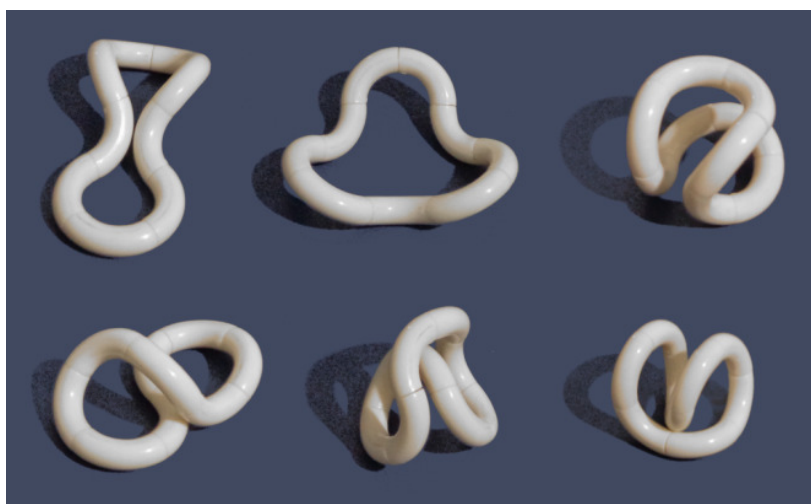


Figura 15 - Diversas configurações de uma mesma montagem de *Tangle*
(Fonte do autor)

No decorrer das aulas de SRGII, além de vários exercícios de visualização, que requeriam uma certa ginástica mental por parte dos estudantes, exploramos outros assuntos de considerável importância na formação básica de um designer de produto tais como a planificação e a interseção de sólidos e o desenvolvimento de superfícies.

3.2 O ponto de vista dos alunos

Em virtude de a turma ter frequentado o segundo módulo da disciplina “Sistema Geométrico de Representação” no novo formato e cursado o primeiro de maneira tradicional, teve-se a chance de propor aos estudantes (19 ao todo) que fizessem comentários comparativos sobre o que vivenciaram em ambos os períodos.

Pela leitura atenta desses depoimentos, percebeu-se que haveria a possibilidade de tratar os dados ali coletados utilizando a metodologia do Discurso do Sujeito Coletivo (DSC), a qual se baseia na teoria da Representação Social e se justifica pelo seguinte pressuposto:

O pensamento de uma coletividade em relação a determinado tema é considerado como “o conjunto de discursos ou formações discursivas, ou representações sociais existentes na sociedade e na cultura sobre esse tema, do qual, segundo a ciência social, os sujeitos lançam mão para se comunicar, interagir, pensar.”

(LEFÈVRE & LEFÈVRE, 2005, p.16)

Em recente publicação dos mesmos autores, esclarece-se uma vez mais o que vem a ser o Discurso do Sujeito Coletivo, mostrando-se a vantagem de utilizá-lo na pesquisa empírica social em comparação aos métodos tradicionais.

A proposta do DSC busca entender a “fala direta” para a dimensão subjetiva das representações sociais, dimensão vista tradicionalmente como incapaz de se autoexpressar, condenada a permanecer eternamente como uma terceira pessoa “de quem se fala”, necessitando por isso, para ser veiculada, de um “tutor”, ou seja, de um sujeito a ela exterior, o sujeito impessoal da Teoria.

(LEFÈVRE & LEFÈVRE, 2012, p.24 e 25)

As expressões-chave (ECH) com significado semelhante, encontradas nos textos das respostas dos alunos, deram margem à identificação de determinadas ideias centrais (IC), permitindo extrair três discursos. Na composição de cada DSC, utilizou-se a própria linguagem dos respondentes, porém sob a forma de uma fala única, como recomenda o método: uma espécie de manifesto do “eu coletivo”.

Tais recortes retratam o pensamento da turma a respeito das diferenças observadas no encaminhamento dado à disciplina “Sistema Geométrico de Representação” nos dois períodos letivos. No entanto, ao interpretar suas opiniões

comparativas, deve-se levar em consideração que as noções trabalhadas em SGRI tornam-se, via de regra, mais difíceis de serem absorvidas pelos alunos devido a lhes exigirem maior capacidade de abstração. No segundo módulo, estudam-se as superfícies, o que proporciona melhores condições de utilizar materiais concretos, aproximando assim a teoria da prática.

DSC 1 – Distinção entre os dois módulos de SGR cursados

Avalio as aulas de SGR II como uma grande evolução em relação à disciplina de SGRI, tanto no método da disciplina quanto no objetivo das aulas, que são mais claras para o que serve e o que pode ser feito dentro das aulas de geometria em geral. Acho interessantes as diferentes abordagens dadas à disciplina de SGR II, sendo bastante diferentes do método usado em SGRI. Aprendi muito mais nesse período até então do que em todo o semestre passado. No Sistema Geométrico de Representação II, realmente ficou clara a percepção sobre a matéria, diferente do que aprendi no Sistema Geométrico de Representação I. Prefiro o método abordado na II, pois torna a matéria mais fácil de ser entendida, em SGRI o conteúdo é pouco explicado e parece distante da realidade dos alunos.

As aulas de SGR II têm me ajudado a compreender certos conceitos de Geometria Descritiva que eu não consegui aprender em SGRI e alguns nunca havia estudado antes. Com a nova forma de apresentar a matéria passei a entendê-la melhor; não que essa última não seja importante, mas talvez pudesse ser diluída em exercícios práticos como os de SGR II.

DSC 2 – Considerações sobre a didática adotada em SGR II

Minha caixa de e-mail está cheia e isso me dá segurança em relação ao conteúdo das aulas porque sempre procuro pesquisar antes da aula, acho muito pertinentes as indicações de sites e leituras que nos passa. É ótimo poder usar o programa com auxílio do professor; seu empenho em buscar meios diversos de demonstração dos métodos é algo muito legal e que funciona muito bem. Essa disciplina não é muito divertida e com a qual se possam fazer muitas coisas interativas; então, acho que do jeito que o professor tenta nos estimular, com a construção do brinquedo, por exemplo, está sendo bom. As aulas estão mais dinâmicas e interessantes.

Eu gosto da abordagem prática como a usada no laboratório de informática para a turma, pois acho que não só a teoria é cobrada, mas também sua atuação; a possibilidade de lidar com a tridimensionalidade no computador é bem eficaz. Com a ajuda do SketchUp fica muito mais fácil visualizar e entender as figuras do que no quadro-negro. No entanto, sinto um pouco de falta de um conteúdo para estudar para uma avaliação por exemplo, às vezes fico

perdido no conteúdo. Particularmente, estou satisfeito com a abordagem da matéria. Pode continuar assim. Recomendo que continue a propor exercícios que testem a criatividade dos alunos.

DSC 3 – Outras vantagens observadas

Está sendo de grande utilidade e absorção a disciplina de Geometria Representativa II para a realização de trabalhos para outras disciplinas, além de dar uma maior visão espacial. É importante ver e conhecer como aplicar estes conhecimentos em futuros projetos. As abordagens de SGR II realmente parecem se aproximar mais de conhecimentos que poderemos usar na prática da profissão, aqueles realmente necessários para um designer.

4 Conclusão

Alguns pontos significativos são merecedores de destaque neste item conclusivo, tomando-se por base a reflexão inicial sobre o ensino de GD e o exame, análise e interpretação dos comentários feitos pelos estudantes a respeito das maneiras como a disciplina “Sistema Geométrico de Representação” foi conduzida nos módulos I e II.

A primeira inferência é a de que não há como deixar de apressar o passo para acompanhar a tecnologia gráfico-computacional e atuar numa ambientação que oportunize ao aluno conquistar o conhecimento, e também produzi-lo, ao invés de recebê-lo gratuitamente e já pronto. Em paralelo, deve-se lançar mão de outros recursos igualmente produtivos como mediadores neste processo, sem abandonar o estudo dos conceitos fundamentais da teoria das projeções. O significado de “repaginar a GD” pode ser traduzido, portanto, como “adquirir uma nova visão da disciplina” no que tange à sua metodologia de ensino.

Quanto aos procedimentos didáticos empregados no sentido de proporcionar a articulação de saberes, desenvolvendo assim as devidas competências no campo da geometria construtiva, tornou-se visível a diferença demonstrada pelo grupo participante no nível de satisfação durante os dois períodos cursados. Constatou-se que a abordagem dos conteúdos adotada em SGR II permitiu maior aproveitamento, em função do que os estudantes de Desenho Industrial esperavam da educação gráfica aplicável à sua formação. O uso de programas gráfico-computacionais e de materiais complementares (modelos flexíveis, figuras, textos de artigos e vídeos ilustrativos) assim como a execução de atividades interativas e colaborativas

(enfrentamento de desafios, construção e organização de estruturas pelo manuseio de jogos de peças e quebra-cabeças) concorreram para a compreensão da teoria subjacente, serviram de estímulo ao estudo e, conseqüentemente, fizeram com que os alunos ampliassem a criatividade, o raciocínio e a visualização espacial.

Outros fatores positivos, evidenciados na avaliação feita pelos respondentes, foram a habilidade do professor ao conduzir os trabalhos e sua constante comunicação com a turma, não apenas em sala de aula e no laboratório, mas também por mensagens via correio eletrônico.

O resultado obtido no experimento exploratório, aqui relatado, acena com a possibilidade de estender esses mesmos benefícios às demais disciplinas gráficas e, por meio desta divulgação, estimular os colegas a se juntarem aos autores deste trabalho no projeto de busca de uma “pedagogia gráfica”.

Agradecimentos

Agradecemos aos alunos da turma 2013/1 de Sistema Geométrico de Representação II por terem fornecido sua opinião sobre o encaminhamento dado à disciplina.

Referências

ANAND, Vera B. Computational Geometry: A New Tool in Graphics Education. In: THIRD INTERNATIONAL CONFERENCE ON ENGINEERING GRAPHICS AND DESCRIPTIVE GEOMETRY, 1988, **Proceedings** ... Viena: Technical University, 1988. vol.1, p.1-3.

AZEVEDO, M. B, TAVARES, J. R. R. O Ensino da GD em Discussão. In **Anais** do VIII Seminário da Pós-Graduação em Desenho e IV Colóquio Internacional sobre Desenho. Feira de Santana: UEFS, 2012, p. 37-45.

BELLOS, A. **Alex no País dos Números: Uma viagem ao mundo maravilhoso da matemática**. São Paulo: Companhia das Letras, 2010.

BERTOLINE, Gary. Visual Science: an Emerging Discipline. In: **Journal for Geometry and Graphics**. Volume 2, No. 2, 1988, p. 181- 187.

_____. Glass Boxes, Fold Lines, and Fairy Tales: Has 3-D Computer Graphics Rendered Descriptive Geometry Obsolete? In: URAL, Oktay, SHEN David. **Computer Graphics: A New Vision on Engineering**. Miami: ASEE, 1990. p. 301-307.

BURRY, Mark. From Descriptive Geometry to Smartgeometry: first steps toward digital architecture 154 -165. In: PETERS, Terry, PETERS, Brady. **Inside Smartgeometry: Expanding the Architectural Possibilities of Computational Design**. United Kingdom: Wiley & Sons Ltda, 2013.

CRATO, N. **A Matemática das Coisas**. São Paulo: Livraria da Física, 2009.

JACKSON, P. **Folding Techniques for Designers**: From Sheet to Form. London, UK: Laurence King Publishers, 2011.

LEFÈVRE F.; LEFÈVRE A. M. C. **O Discurso do Sujeito Coletivo**: um novo enfoque em pesquisa qualitativa (Desdobramentos). 2 ed. Caxias do Sul: EDUCS, 2005.

_____. **Pesquisa de Representação Social**: Um Enfoque Qualiquantitativo. Brasília: Liber Livro Editora, 2012.

RÊGO, Rejane de Moraes. **Educação Gráfica e Projetação Arquitetônica**: As relações entre a capacidade visiográfica – tridimensional e a utilização da modelagem geométrica 3D. São Paulo: Blucher Acadêmico, 2011.

RODRIGUES, M. H. W. L. Da Realidade á Virtualidade, o “pensamento visual” como interface: contribuição das linguagens técnicas de representação da forma à educação. 1999. 164 f. **Tese** (Doutorado em Educação) FE da UFRJ, 1999.

SEABRA, Rodrigo D. Uma Ferramenta em Realidade Virtual para o Desenvolvimento da Habilidade de Visualização Espacial. 2009. 227f. **Tese** (Doutorado em Engenharia). EPUSP, São Paulo, 2009.

STACHEL, Hellmuth. The Status of Today's Descriptive Geometry Related Education (CAD/CG/DG) in Europe. 2007 Tokio. Apresentação em 33 slides disponível em <http://www.aproged.pt/biblioteca/stachel.pdf>. Acesso em maio de 2013.

STEWART, I. **Almanaque das Curiosidades Matemáticas**, Rio de Janeiro: Zahar, 2009

SUZUKI, Kenjiro. Activities of the Japan Society for Graphic Science – Research and Education. In: **Proceedings** of the 10th International Conference on Geometry and Graphics. Kiev: 2002, p. 1-5.