

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO

SÓLIDOS DINÂMICOS E O DESENVOLVIMENTO DA CONCEPÇÃO ESPACIAL  
- O CASO DA DISCIPLINA DE GEOMETRIA DESCRITIVA NO CURSO DE  
ARQUITETURA E URBANISMO DA FAU - UFRJ.

**LEONARDO COSTA BUENO**

2013



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO  
FACULDADE DE ARQUITETURA E URBANISMO  
PROARQ - Programa de Pós-Graduação em Arquitetura

SÓLIDOS DINÂMICOS E O DESENVOLVIMENTO DA CONCEPÇÃO ESPACIAL  
- O CASO DA DISCIPLINA DE GEOMETRIA DESCRITIVA NO CURSO DE  
ARQUITETURA E URBANISMO DA FAU - UFRJ.

**LEONARDO COSTA BUENO**

Dissertação de Mestrado apresentada ao programa de Pós-Graduação em Arquitetura, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, da Faculdade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ciências em Arquitetura, Área de Concentração: História e Crítica, Linha de pesquisa: Ensino de Arquitetura.

Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Maria Angela Dias

Rio de Janeiro  
Dezembro de 2013

SÓLIDOS DINÂMICOS E O DESENVOLVIMENTO DA CONCEPÇÃO ESPACIAL  
- O CASO DA DISCIPLINA DE GEOMETRIA DESCRITIVA NO CURSO DE  
ARQUITETURA DA FAU - UFRJ.

**LEONARDO COSTA BUENO**

Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Maria Angela Dias

Dissertação de Mestrado apresentada ao programa de Pós-Graduação em Arquitetura, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, da Faculdade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ciências em Arquitetura, Área de Concentração: História e Crítica, Linha de pesquisa: Ensino de Arquitetura.

Aprovada por:

---

Presidente, Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Maria Angela Dias

---

Prof. Dr. Paulo Afonso Rheingantz

---

Prof. Dr. Daniel Wyllie Lacerda Rodrigues

Rio de Janeiro  
Dezembro de 2013

Bueno, Leonardo Costa.

Sólidos dinâmicos e o desenvolvimento da concepção espacial - o caso da disciplina de Geometria Descritiva no curso de Arquitetura e Urbanismo da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo – Universidade Federal do Rio de Janeiro/ Leonardo Costa Bueno. - Rio de Janeiro: UFRJ/FAU, 2013.

xii. 73f.:il.; 30 cm.

Orientadora: Maria Angela Dias.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Rio de Janeiro/ PROARQ/ Programa de Pós-graduação em Arquitetura, 2013.

Referências Bibliográficas: f. 63-65.

1. Educação. 2. Geometria Descritiva. 3. Sólidos Dinâmicos. 4. Arquitetura. 5. Concepção Espacial. 6. Gardner. 7. Griffin & Gerber. I. Dias, Maria Angela. II. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Programa de Pós-graduação em Arquitetura. III. Título.

## **RESUMO**

### **SÓLIDOS DINÂMICOS E O DESENVOLVIMENTO DA CONCEPÇÃO ESPACIAL – O CASO DA DISCIPLINA DE GEOMETRIA DESCRITIVA NO CURSO DE ARQUITETURA E URBANISMO DA FAU - UFRJ.**

**LEONARDO COSTA BUENO**

Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Maria Angela Dias

Resumo da Dissertação de Mestrado submetida ao Programa de Pós-graduação em Arquitetura, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, da Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ciências em Arquitetura.

Esta dissertação trata da proposição de um instrumento didático, que utilize a construção e a manipulação de Sólidos Dinâmicos no ensino-aprendizado das disciplinas de Geometria Descritiva ministradas às classes de Arquitetura, com a finalidade de ampliar as habilidades cognitivas dos alunos para capacitá-los à faculdade da abstração espacial, intrínseca ao seu campo de trabalho. A concepção deste instrumento e a metodologia utilizada em sua construção são fundamentadas nas teorias sobre o desenvolvimento tátil de Griffin & Gerber e também nas proposições de Gardner sobre as Inteligências Múltiplas, que destaca a Inteligência Espacial como um talento humano específico. São também relatados os resultados obtidos com o teste e aplicação do instrumento didático nas turmas de Arquitetura e Urbanismo da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo - UFRJ.

Palavras-chave: educação, geometria descritiva, arquitetura, concepção espacial.

Rio de Janeiro  
Dezembro de 2013

## **ABSTRACT**

**DYNAMIC SOLIDS AND THE DEVELOPMENT OF SPATIAL CONCEPTION –  
THE CASE OF DESCRIPTIVE GEOMETRY IN THE ARCHITECTURE AND  
URBAN PLANNING COURSE OF FAU – UFRJ**

**LEONARDO COSTA BUENO**

Advisor: Prof<sup>a</sup>. Dra. Maria Angela Dias

Abstract of the Master's Thesis submitted to the Architecture Post Graduate Program, School of Architecture and Urbanism, at the Federal University of Rio de Janeiro – UFRJ, as part of necessary requirements to obtain the title of Master in Architecture Science.

This thesis deals with the proposition of an educational instrument, that uses the construction and manipulation of Solid Dynamics in the teaching and learning of disciplines of Descriptive Geometry taught in Architecture's course, in order to expand the cognitive skills of students by developing their capacity for spatial abstraction intrinsic to their field of work. The design of this instrument and the methodology used in its construction are based in theories of Griffin & Gerber about the tactile development and also in the propositions of Gardner's Multiple Intelligences, which highlights the Spatial Intelligence as a specific human talent. In this work are also reported the results obtained with the testing and application of this teaching tool of Architecture and Urbanism at FAU - UFRJ

Key words: education, descriptive geometry, architecture, conception space

Rio de Janeiro  
Dezembro 2013

## SUMÁRIO

<b>APRESENTAÇÃO</b> .....	xi
<b>INTRODUÇÃO</b> .....	13
<b>1. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA</b> .....	14
<b>2. O ENSINO DA GEOMETRIA DESCRITIVA NA GRADUAÇÃO DE ARQUITETURA E URBANISMO</b>	
2.1 A prática do ensino de Geometria Descritiva .....	19
2.2 A inserção de novas tecnologias na compreensão da forma .....	22
<b>3. A IMPORTÂNCIA DO DESENVOLVIMENTO TÁTIL NO APRENDIZADO</b>	
3.1 A Inteligência Espacial e o Ensino .....	26
3.1.2 Raciocínio espacial e o aprendizado na Arquitetura .....	29
3.2 Habilidade manual e raciocínio espacial .....	30
<b>4. DA CONSTRUÇÃO DO PENSAMENTO GEOMÉTRICO NO AMBIENTE DIDÁTICO</b>	
4.1 Da concepção dos Sólidos Dinâmicos .....	33
4.2 O uso de modelos físicos para potencializar o raciocínio projetivo .....	36
4.3 A geometria descritiva e o caráter Didático dos ambientes de computação gráfica .....	37
4.3.1 Geometria gráfica bidimensional .....	38
4.3.2 Geometria gráfica tridimensional .....	39
4.3.3 Realidade Virtual / Aumentada .....	43
<b>5. APLICAÇÃO DE SÓLIDOS DINÂMICOS COMO INSTRUMENTO DIDÁTICO NO ENSINO DE GD</b>	
5.1 Proposição dos Sólidos Dinâmicos .....	45
5.2 Aplicação teórica e prática: exercício e questionário .....	49
5.3 Avaliação e análise dos resultados .....	52
<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	60
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	63
<b>ANEXOS</b> .....	66
ANEXO 01: EMENTA DAS DISCIPLINAS DE GEOMETRIA DESCRITIVA ATÉ 1989 .....	67
ANEXO 02: EMENTA ATUAL DA DISCIPLINA GEOMETRIA DESCRITIVA 1 ...	68
ANEXO 03: EMENTA ATUAL DA DISCIPLINA GEOMETRIA DESCRITIVA 2 ...	69

ANEXO 04: EMENTA ATUAL DA DISCIPLINA GEOMETRIA	
DESCRITIVA APLICADA À ARQUITETURA .....	70
ANEXO 05: QUESTIONÁRIO APLICADO AOS ALUNOS .....	71
ANEXO 06: CRONOGRAMA DE AULAS – GD1- 2011/02 .....	72

## LISTA DE FIGURAS

Figura 01 – Chamada para o Seminário de Reforma Curricular .....	20
Figura 02 – Projeções de uma pirâmide - desenho manual .....	24
Figura 03 – Projeções relacionadas – A épura .....	30
Figura 04 – A maquete e o estudo volumétrico .....	31
Figura 05 – Diedros móveis e esquema de associação com sólidos .....	36
Figura 06 – Ambiente Régua e Compasso .....	39
Figura 07 – Interface do HyperCALGD .....	40
Figura 08 – Interface do HyperCAL3D .....	40
Figura 09 – SketchUp .....	41
Figura 10 – Volumetria básica das principais edificações da Av. Chile no RJ .....	42
Figura 11 – Volumetria do prédio da PETROBRAS modelada em SketchUp .....	42
Figura 12 – Momentos de uma seção tórica por meio de Realidade Aumentada ...	43
Figura 13 – Google Glass – Óculos de realidade aumentada .....	44
Figura 14 – Experimentações formais possibilitadas pelos Sólidos Dinâmicos .....	45
Figura 15 – Transformações formais possibilitadas pelos Sólidos Dinâmicos .....	46
Figura 16 – Peças utilizadas para a confecção dos Sólidos Dinâmicos .....	46
Figura 17 – Processo de corte das bases dos Sólidos Dinâmicos .....	47
Figura 18 – Marcações feitas em baixo relevo em algumas das bases dos Sólidos Dinâmicos .....	47
Figura 19 – Diedro dos Sólidos propostos no teste .....	48
Figura 20 – Épura do exercício proposto no teste .....	50
Figura 21 – Momentos da aplicação do teste .....	51
Figura 22 – Gráficos com tabulação das respostas dos alunos .....	59

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Turma A .....	52
Tabela 2 – Turma B .....	53
Tabela 3 – Turma C .....	54
Tabela 4 – Turma D .....	55
Tabela 5 – Turma G .....	55

## **AGRADECIMENTOS**

Aos meus pais, Raimunda, José Bueno, pelas possibilidades.

À minha segunda mãe, Inêz, por todo afeto.

Aos amigos de trabalho Marcelos Caldeira e Walber Melo, sempre presentes.

À Flávia Galvão pelo apoio incondicional.

À minha orientadora, Maria Angela Dias, pela crença e incentivo, sempre. E pelo caminho.

À minha filha, Clarice, pela luz que me guia.

À minha mulher, Carolina Maria Borges, por todas as outras coisas, porque “hoje o Sol saiu”.

## APRESENTAÇÃO

Em 2001, regulamentou-se no Brasil, que:

*“Os sistemas de ensino devem matricular todos os alunos, cabendo às escolas organizarem-se para o atendimento aos educandos com necessidades educacionais especiais, assegurando as condições necessárias para uma educação de qualidade para todos.”*

*(MEC/SEESP, 2001)*

Esta circunstância propiciou que este autor, como professor de Geometria do Colégio Pedro II tomasse contato com as dificuldades apresentadas pelas crianças cegas no que tange à apreensão dos objetos e subsequente compreensão dos conteúdos de Geometria Descritiva. Embora não se lecionasse àquelas crianças especificamente, ficou patente a semelhança das suas dificuldades e as que este professor encontrava entre as crianças cujo sentido da visão estava intacto: um bloqueio na abstração espacial. Como se um expressivo número de crianças, apesar de videntes, também fossem “cegas” no que diz respeito à apreensão das formas e do espaço.

Foi então que se buscou conhecer métodos didáticos através dos quais os professores especializados neste tipo de ensino e os autores com a mesma especialização, ajudavam as crianças cegas a formarem sua cognição espacial.

Esta busca perpassou as teorias sobre o Desenvolvimento Tátil de Griffin e Gerber, e a proposição de Gardner sobre as Inteligências Múltiplas, sempre baseado nas reflexões de Piaget acerca do tema, levando também em consideração a obra de Montessori, cujo foco esteve voltado à educação de crianças com deficiências, experiência que a levou a criar um método didático que toma por bases gerais as ideias de liberdade, atividade e independência. Para Montessori, a educação consiste em “colocar o indivíduo em condições de forjar seu próprio caminho na vida” (MONTESSORI, 1965, p.15).

Este conjunto de referenciais, conjugado à prática docente do autor, já lhe havia originado uma monografia apresentada na sua pós-graduação *latu senso* Especialização em Técnicas de Representação Gráfica no Programa de Pós-graduação da Escola de Belas Artes da Universidade Federal do Rio de Janeiro. Motivado pelo sucesso deste processo, pareceu-lhe que seria possível contribuir com a prática didática no ensino de Geometria Descritiva para estudantes da graduação em Arquitetura e Urbanismo, o que o levou a ingressar no Programa de Pós-graduação em Arquitetura da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal do Rio de Janeiro – PROARQ / FAU – UFRJ.

Assim foi que, ao longo desse processo, ratificaram-se, a compreensão, o desenvolvimento e a testagem daquilo que nesta dissertação é conceituado como “Sólidos dinâmicos”: A criação de um instrumento didático construído de forma a que, imprimindo-lhe determinados movimentos, melhor chegue o educando a compreensão da forma geométrica.

A proposição de tal tema foi acolhida pelo PROARQ, e encontrou ambiente propício a seu desenvolvimento no grupo de pesquisa *A Educação do olhar: apreensão dos atributos geométricos da forma dos lugares*, coordenado pela Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup> Maria Angela Dias, grupo este do qual o autor faz parte.

O encontro com as pesquisas deste Grupo, que reúne um conjunto de referenciais teóricos e metodológicos com a finalidade de estimular o Olhar, assim como o aprofundamento nas teorias anteriormente citadas, propiciou o aperfeiçoamento dos “Sólidos Dinâmicos” originais para que eles atendessem aos alunos da graduação de Arquitetura e Urbanismo, que apresentavam o mesmo déficit cognitivo.

Em síntese, esta dissertação trata deste processo: o desenvolvimento de um instrumento didático, cujo objetivo é facilitar a visualização espacial por parte dos estudantes de Geometria Descritiva da graduação em Arquitetura e Urbanismo.

## INTRODUÇÃO

Esta dissertação trata do processo que levou o autor a desenvolver um instrumento didático que utilize Sólidos Dinâmicos para ampliar as habilidades cognitivas dos alunos, capacitando-os à faculdade da abstração espacial, faculdade esta que se faz necessária à compreensão dos conteúdos das disciplinas de Geometria Descritiva, e que permeia toda a produção profissional de um arquiteto.

O primeiro capítulo se ocupa de fundamentar teoricamente o desenvolvimento de tal instrumento, descrevendo o percurso teórico que o inspirou, apoiou e norteou, e que vai desde a prática docente do autor, passando pelas teorias de Griffin e Gerber sobre Modalidade Tátil, os estudos de Gardner sobre Inteligências Múltiplas, em particular a Inteligência Espacial, os estudos de Montessori e Piaget, que se conjugam com estas pesquisas, e ainda, as reflexões suscitadas pelo grupo de pesquisa *Educação do Olhar*, em atividade no Programa de Pós-graduação em Arquitetura da FAU - UFRJ.

O segundo capítulo trata da contextualização do ensino da Geometria Descritiva na FAU - UFRJ, fornecendo um histórico desta Disciplina na graduação em Arquitetura e Urbanismo, e sua pontual redução programática. Também nele se fará menção ao estágio supervisionado que fez o autor, e que lhe deu a dimensão do ensino desta disciplina no Curso. Neste capítulo também se buscará analisar a inserção das novas tecnologias que vieram a modificar a apreensão das formas.

Será no terceiro capítulo que se discute a importância do desenvolvimento tátil no aprendizado, tratando da questão específica desta modalidade do ensino da Geometria Descritiva para alunos de Arquitetura e Urbanismo. E de como se desenvolve, neste ambiente, as habilidades manuais e o raciocínio espacial.

A seguir, no quarto capítulo, busca-se situar como o pensamento geométrico está sendo desenvolvido no ambiente didático, através dos instrumentos ali utilizados, com a finalidade de potencializar o raciocínio projetivo: os modelos físicos e os modelos virtuais.

E, finalmente, o quinto capítulo se ocupa da descrição dos Sólidos Dinâmicos desde a sua construção. E também exporá a avaliação e análise dos resultados obtidos com a aplicação deste instrumento didático nas turmas de GD do curso de Arquitetura e Urbanismo da UFRJ.

Após as Considerações Finais, encontram-se os Anexos, necessários à compreensão e fundamentação do que nesta Dissertação estará postulado e finalmente as Referências Bibliográficas que são seu arcabouço Teórico.

## 1. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

*“A modalidade tátil é de ampla confiabilidade. Vai além do mero sentido do tato; inclui também a percepção e a interpretação por meio da exploração sensorial.” (GRIFFIN; GERBER, 1996)*

Em seu livro “Estruturas da Mente: A Teoria das Inteligências Múltiplas” (1994), Howard Gardner considera que a capacidade cognitiva de um ser humano é composta de vários talentos específicos e agrupa-os em sete habilidades mentais: lógico-matemática, linguística, musical, espacial, corporal-cinestésica, intrapessoal e interpessoal. Destas, a que nos interessa considerar para os fins desta pesquisa é aquela que ele denominou "Inteligência Espacial", descrita como a capacidade de formar modelos mentais, e operar com eles, no campo da abstração mental. Estas imagens podem ser construídas por meio do tato, um exemplo de tal habilidade é a capacidade que uma pessoa cega tem de conhecer e identificar objetos, após tateá-los.

A inteligência espacial seria, enfim a capacidade de perceber o mundo visual e espacial de modo abstrato e a habilidade de manipular formas ou objetos mentalmente. Engenheiros, escultores, cirurgiões plásticos, artistas gráficos e arquitetos entre outros dependem desta inteligência para atuarem com êxito.

Piaget (1995), afirma que a construção da percepção tridimensional em um indivíduo se dá através de um percurso que se inicia na infância, pelo tato e, em seguida, pela visão. Aos três anos de idade ela adquire a capacidade de comparar o que é lembrado com o que é percebido. No item 3.2 desta Dissertação, que trata da *Habilidade Manual e do Raciocínio Espacial*, se descreverá a “Fase Operatória Formal”, onde Piaget (1981) localiza a consolidação da capacidade de abstração nos indivíduos aos doze anos de idade.

Neste contexto é propício citar a proposta educacional desenvolvida por Montessori, fundamentada na educação dos sentidos, que ela considerava a base necessária ao pleno desenvolvimento biológico do indivíduo, sobre a qual se edificaria a sua adaptação social. A pedagogia montessoriana propõe o auxílio ao desenvolvimento do indivíduo e não a transmissão de conhecimento.

*Nosso objeto educativo deve ser o de ajudar o desenvolvimento da infância, não o de dar-lhes cultura. Por isto, depois de haver oferecido à criança o material didático adequado para provocar o desenvolvimento dos sentidos, devemos esperar que se desenvolva a atividade de observação. (Montessori, 1937, p.199)*

Harold Griffin e Paul Gerber, professores do Departamento de Educação Especial da Universidade de New Orleans, no livro *Desenvolvimento Tátil e suas Implicações na Educação de Crianças Cegas*, citam estudos como os de Bower, Broughton e Moore feitos nos anos 70 do século passado, que demonstram que, em bebês, há uma predominância da visão sobre o tato. A visão antecipa o movimento das mãos ao acompanhar o formato de um objeto e somente após os três meses de idade é que um objeto já nas mãos atrai o olhar. A visão é então um sistema que prepara antecipadamente a mão para segurar um objeto. Não obstante o sentido do tato predomine quando o objeto está na mão. Interessados na aprendizagem de crianças cegas, Griffin e Gerber dizem que a ausência da modalidade visual exige experiências alternativas de desenvolvimento, a fim de cultivar a inteligência e promover capacidades sócio-adaptativas. O ponto central desses esforços é a exploração do pleno desenvolvimento tátil. E passam a enumerar e descrever as quatro fases do que eles chamam de Modalidade Tátil. São elas:

FASE 1 – Consciência da qualidade tátil: através do movimento das mãos, as crianças cegas obtêm a consciência de qualidade tátil dos objetos, aprendendo contornos, tamanhos e pesos, percebendo texturas, temperaturas, superfícies vibráteis e diferentes consistências. Nesta fase são apreendidos os conceitos de pesado e leve, grande e pequeno, a partir do que começam a perceber os diferentes graus destas comparações.

*Também, através do movimento das mãos, as crianças cegas podem apreender os contornos, tamanhos e pesos. Essas informações são recebidas sucessivamente, passando dos movimentos manuais grossos à exploração mais detalhada dos objetos.[...] a diferenciação tátil é usada por indivíduos para esclarecer informações recebidas visualmente em situações não habituais. (GRIFFIN; GERBER, 1996, pág.2)*

FASE 2 – Conceito e reconhecimento da forma: é o momento do reconhecimento da estrutura e da relação das partes com o todo: apesar de citar vários estudos que comprovam que a visão se sobrepõe ao tato, uma vez que o sistema visual permite a experiência simultânea da informação e o sistema tátil é limitado na formação da cognição acerca de um objeto, Griffin & Gerber esclarecem que nesta fase a locomoção ajudará a explorar direções e orientação, assim como a desenvolver um relacionamento entre objetos no espaço. As crianças cegas precisam de auxílio que as encoraje a manipular os objetos. Os autores afirmam que não há aprendizagem se não houver estímulos que enfatizem as operações mentais

como o reconhecimento de relações espaciais, raciocínio convergente e divergente, e avaliação. E ressaltam que o discernimento de formas por parte de crianças cegas melhora com a prática e a idade. O reconhecimento da forma trará a clareza e a simplicidade do desenho e a exploração ativa do objeto. Uma vez assimilada a natureza tridimensional de um objeto, devem ser introduzidas as noções de bidimensionalidade. E a partir disto, a criança deve ser capaz de reconhecer objetos e padrões inseridos em um cenário mais complexo, como por exemplo, um quadrado num conjunto de retângulos, como se encontra em tapetes e tecidos em relevo para forração de móveis.

*Warren (1977) observou que o discernimento de formas por parte de crianças cegas melhora com a prática. Crianças pequenas cegas não se saem tão bem quanto as crianças pequenas videntes no que se refere à localização e discriminação de formas. Já as crianças mais velhas cegas discriminam e localizam formas melhor que as crianças videntes da mesma faixa etária. (GRIFFIN e GERBER, 1996, pág.3)*

FASE 3 - Representação gráfica: Esta fase da 'modalidade tátil' é muito significativa para o processo neste trabalho investigado. Ao entrar nesta fase o indivíduo passa a um nível mais abstrato de representação. Para passar a este nível, a criança cega deve familiarizar-se com formas geométricas tridimensionais através do manuseio de objetos sólidos, para só então evoluir para a representação bidimensional destes objetos, em relevo: linhas retas e curvas, formas geométricas e contornos de objetos, que devem ser apresentados em vários tamanhos, e aos poucos, a fim de evitar o que Barraga (1976) chamou de ruído tátil. Esta fase se caracteriza pela maneira organizada que os cegos têm de explorar o ambiente, relacionando objetos reais e suas representações. E é ainda nesta fase que - se as duas anteriores tiverem sido cumpridas - se verifica a capacidade de notar a semelhança entre os objetos verdadeiros e sua representação, e somente após esta associação é que as representações poderão ser utilizadas corretamente.

*Entre as representações gráficas temos, em relevo, linhas retas e curvas, formas geométricas e contornos de objetos. Sugere-se que a representação gráfica seja apresentada aos poucos, uma peça de cada vez. Apresentá-la por inteiro, antes que a criança esteja familiarizada com as partes componentes, só causará confusão. (GRIFFIN; GERBER, 1996, pág.3)*

FASE 4 - Sistemas de Simbologia: aqui bifurcam-se os interesses entre a pesquisa concernente a esta dissertação e a de Griffin e Gerber, porque nesta quarta fase se vai tratar da questão da forma. Aqui, a representação não precisa ter

semelhança com o original, mas simplesmente significa o objeto, como no sistema Braille. E embora útil para a criança destituída de visão, este não é o processo de aprendizado da criança não portadora de deficiência, porque esta é apoiada pela visão em seu processo de cognição espacial.

As questões de Griffin e Gerber se assemelham muito àquelas diante das quais se viu este autor, em suas turmas de Geometria Descritiva (GD) do ensino médio e depois nas turmas do curso de graduação em Arquitetura e Urbanismo: uma interrupção no estímulo das modalidades táteis ocasionando a incapacidade de visualização de objetos e de construção de modelos mentais, e portanto, a inabilidade para a abstração espacial e compreensão da forma.

Todos estes referenciais teóricos afirmam a importância da presença lúdica de brinquedos que lembrem os principais sólidos geométricos no cotidiano infantil porque é por meio de jogos e brincadeiras que a criança adquire a noção visual e tátil de profundidade, o que leva, também, à compreensão espacial do ambiente ao seu redor.

No entanto, e com consequências que serão sentidas muito posteriormente no desenvolvimento individual e que motivarão trabalhos como este, tais estímulos costumam decair significativamente e progressivamente conforme a vida escolar da criança avança, e o aprendizado das formas elementares da geometria (às quais os brinquedos da infância se assemelham) torna-se mais difícil porque não se conectam fórmulas, teoremas e cálculos às atividades realizadas na fase inicial de aprendizagem.

Esta dificuldade se agrava quando se espera que o aprendizado se dê num ambiente escolar marcado pela indiferença às necessidades individuais. Apesar da ausência progressiva de estímulos, da defasagem de conteúdos escolares, e das dificuldades oferecidas pelo próprio meio escolar ao aprendizado, ao chegar na adolescência, há a introdução de matérias que exigem um aprofundamento dos conhecimentos de geometria plana e espacial, em geral, nas principais disciplinas de Ciências Exatas.

Espera-se então, que, apesar das lacunas acumuladas na apreensão de tais conceitos, o aluno tenha capacidade de abstração espacial e possa compreender os postulados trabalhados pelos professores em sala de aula. E é nesse momento que se evidencia que alunos com baixa capacidade de abstração, normalmente, mostram dificuldade em visualizar e interpretar a representação projetiva de objetos; e, também, que estes constituem a maioria dos alunos.

No próximo capítulo se dará um panorama da evolução do ensino da Geometria Descritiva na FAU/UFRJ, apontando a redução do conteúdo programático desta disciplina e conseqüente agravamento das dificuldades de abstração dos alunos de Arquitetura. Serão também mencionadas as novas tecnologias utilizadas para auxiliar a compreensão da forma.

## 2. O ENSINO DA GEOMETRIA DESCRITVA NA GRADUAÇÃO DE ARQUITETURA E URBANISMO

Neste capítulo, que se divide em duas sessões, a primeira contextualiza o ensino de GD, destacando a redução de carga horaria, E na segunda parte apresenta a GD inserida e aplicada nas tecnologias digitais.

### 2.1 A prática do ensino de Geometria Descritiva

Até o início da década de 1970, as faculdades de todo o país seguiam suas próprias orientações para realizar os exames vestibulares. Para o ingresso no curso de Arquitetura e Urbanismo, entre outras provas, exigia-se o conhecimento de Desenho Geométrico e Projetivo. No final desta década, por determinações legislativas, entendeu-se que este conteúdo não fazia parte do núcleo comum à todas as áreas de conhecimentos afins e pautando-se no artigo 6º do decreto nº 68.908 (Brasil, Congresso Nacional, 1971) as provas deveriam "... limitar-se em conteúdo às disciplinas obrigatórias do ensino do grau médio...". Deste modo retirou-se do Vestibular a prova de Desenho Projetivo e com isso, as escolas flexibilizaram a inclusão da Geometria Descritiva em seus currículos, ficando esta à:

*"critério dos estabelecimentos de ensino, e limitada basicamente pelas possibilidades econômicas e humanas dos mesmos. Como a Geometria Descritiva é um componente desta parte diversificada, aparecendo nos currículos das habilidades profissionais que exigem professores especializados e maior investimento de dinheiro, é preterida em detrimento de outras de custo operacional mais baixo"* (DIAS, 1983)

Hoje, quarenta anos depois, este quadro se agravou. Desde que o Desenho Geométrico e Projetivo saíram do vestibular, e em seguida dos currículos do antigo 1º e 2º grau, os alunos vêm ingressando na faculdade, mesmo em cursos como Arquitetura sem ter as mais básicas noções daqueles conteúdos que viriam a instrumentalizar a prática do Arquiteto.

Na universidade, este aluno, já em defasagem com os conteúdos, deparava-se com duas disciplinas da área: GD1 e GD2. Seus aproveitamentos eram tão abaixo do desejável e necessário para suas carreiras que os professores, de uma forma paliativa, criaram, em 1973, a disciplina Introdução à GD (ver Anexo 01).

*"Vale observar que o curso de Geometria Descritiva da FAU (UFRJ), a partir de 1973, ficou dividido em três períodos, a saber: Introdução à Geometria Descritiva, Geometria Descritiva I e Geometria Descritiva II."* (DIAS, 1983, p.16)

Vale notar que em meio a isto, em 1992, aconteceu na FAU - UFRJ um seminário que propunha uma reforma curricular e criou-se uma Comissão para este fim, constituída pelos chefes de departamento, um professor de cada departamento, o diretor adjunto de graduação, os coordenadores dos cursos de graduação, de especialização e pós-graduação, e representação do CAFAU.

Objetivos gerais: atualização e adequação do currículo às demandas do mercado e sociedade, com embasamento no avanço tecnológico.

Objetivos específicos: flexibilização do currículo; implantação do Trabalho de Graduação (atual TFG); criação de áreas de aprofundamento, que atendam à habitação profissional, através do oferecimento de maior número de disciplinas complementares.



**Figura 01 – Chamada para o Seminário de Reforma Curricular**

**Fonte:** arquivo do DARF – FAU – UFRJ

Neste seminário houve, no dia 22/09/92, uma discussão que dizia respeito especificamente ao DARF (Departamento de Análise e Representação da Forma):

*“É objetivo do DARF instrumentalizar o futuro arquiteto no Comportamento e Conhecimento das formas, assim como na Representação e utilização no campo da Arquitetura. Visando sua adequação a este objetivo, o Departamento propõe:*

*- criação da disciplina de EXPRESSÃO GRÁFICA;*  
*- extinção de TEORIA DA PERCEPÇÃO, cuja matéria ficará diluída nas disciplinas constituintes do DARF;*

*- redução da carga horária de Geometria Descritiva e Perspectiva;*

*- oferecimento de maior número de disciplinas complementares.”*

*(Seminário de Discussão Reforma Curricular, 1992)*

A atual situação do currículo do curso de Arquitetura e Urbanismo não dá conta de que, a partir de 2006, por questões internas do departamento, a eletiva “Geometria Descritiva aplicada à Arquitetura” (ver Anexo 04) não é mais oferecida. Deste modo, hoje, são oferecidas aos alunos recém chegados à graduação de Arquitetura e Urbanismo apenas duas disciplinas obrigatórias de Geometria Descritiva (GD): GD1 e GD2 (ver Anexo 02 e 03).

Cumprir notar que todas essas alterações curriculares no que diz respeito à Geometria Descritiva não produziram ganho na compreensão dos conceitos desta disciplina, necessários ao campo de atuação profissional daqueles alunos, de modo que ainda hoje os professores vêm tendo que recorrer à revisão de conteúdos e também precisam lançar mão de dispositivos que possam suprir esta defasagem cognitiva com que os alunos ingressam na graduação, e é neste contexto que se situa o presente trabalho. Além de, evidentemente, não terem – por conta da carga horária reduzida – espaço para a experimentação da disciplina por meio de atividades complementares.

## 2.2 A inserção de novas tecnologias na compreensão da forma

Os arquitetos, em sua prática, utilizam diversas ferramentas que os auxiliam no ato de projetar. Cada profissional, de acordo com sua área de atuação, utiliza um conjunto específico delas para conceber um projeto.

Durante a sua formação, o futuro profissional de Arquitetura e Urbanismo entra em contato e desenvolve os saberes relacionados ao universo arquitetônico e uma parte fundamental na construção desse saber, está no domínio da compreensão espacial.

Atualmente, várias disciplinas relacionadas ao ato de projetar contam com os recursos da computação gráfica digital para obter um ganho significativo de tempo na apreensão de conceitos pelos alunos. Mesmo com os avanços da gráfica digital é comum encontrar instituições de ensino que enfrentam dificuldades em assimilar uma nova maneira de representação que acompanhe os passos rápidos da evolução computacional. Um dos agravantes neste aspecto pode estar relacionado com hábitos docentes enraizados somente nos métodos tradicionais. A disciplina Geometria Descritiva é uma das que pouco mudaram o seu método até hoje. Como bem observa Gani (2004), esta prática “gerou, ao longo dos anos, uma enorme lacuna entre o conteúdo da disciplina e suas aplicações práticas. Suspeitamos, ainda, que esse hiato vem sendo reforçado, pela deficiência na atualização do ensino dessas aplicações”.

Em geral a GD é oferecida no primeiro ano dos cursos de Arquitetura e Urbanismo, engenharia, design e outros relacionados diretamente com a expressão gráfica. Com isso se torna uma das principais disciplinas a introduzir os primeiros passos da abstração espacial no estudante.

A Geometria Descritiva, como técnica de desenvolver a capacidade de percepção e representação da forma, estará presente em “quase todas as disciplinas do curso de arquitetura e durante toda a vida profissional do arquiteto”, afirma Albano Pires na introdução de seu programa de Geometria Descritiva para 1972. (DIAS, 1983, p.22)

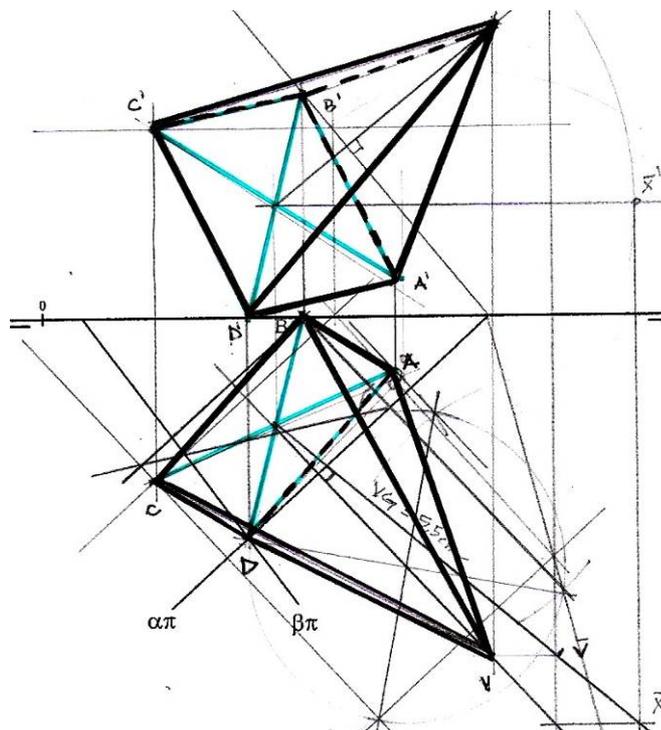
A GD, para ser bem compreendida, requer do estudante um grau de cognição elevado e uma boa base de geometria gráfica elementar. Em estudantes que apresentam baixa capacidade de abstração, normalmente é detectada a dificuldade de interpretar a representação projetiva de objetos e a visualização dos mesmos no espaço. O conceito de *épura*, a visualização espacial dos planos de projeção e a associação entre os entes geométricos, devem ser bem absorvidos por parte do aluno para que, em outras etapas de sua formação, não ocorram lacunas

conceituais graves a ponto de prejudicar o futuro profissional na compreensão do objeto de estudo ou até mesmo no uso de ferramentas computacionais avançadas.

Segundo CHING (1998), “a forma e espaço constituem os meios cruciais da arquitetura, compreendendo um vocabulário de projeto que é tanto elementar quanto atemporal”. Com o avanço dos computadores pessoais e da Internet na década de 90, foi possível observar uma mudança significativa no modo de se obter e trabalhar com a informação.

Estes novos recursos trouxeram grandes contribuições no mundo das representações gráficas, e uma das principais, foi a de não perder o processo de construção do desenho, o que aplicado ao universo da GD é de grande valor pois, nem sempre a visualização das projeções em épura é o suficiente para a compreensão da forma no espaço. Outra vantagem fundamental foi a de reduzir o número de processos repetitivos feitos na prancha que, por vezes, conduz o aluno à “desistir” de pensar, tornando o processo desestimulante.

A folha de papel acaba se tornando um meio inadequado para consultar os exercícios resolvidos, de acordo com Santos (1999), “a ordem das operações realizadas não fica explicitamente representada quando se apresenta ao aluno apenas a forma final de um exercício resolvido, mesmo que se preservem todas as construções intermediárias”. Em épuras um pouco mais complexas, como compreensão de sólidos não convencionais como representado na figura 02, pode resultar em um número elevado de linhas (linhas de chamada, de construção, auxiliares) e pontos, fazendo com que a compreensão do procedimento adotado seja dificultada.



**Figura 02 – Projeções de uma pirâmide - desenho manual**

**Fonte:** desenho feito pelo aluno Pedro Raphael Valcarce

É importante ressaltar que o desenho manual, com a utilização de instrumentos de desenho como par de esquadros e compasso é de fundamental importância para o aprendizado; é parte do processo de assimilação das formas geométricas de maneira precisa, auxiliando o estudante a potencializar a sua inteligência espacial.

O computador é, assim como a régua e o compasso, um instrumento para realizar a representação tridimensional na tela do monitor e, como explicitado por Gani (2004):

*[...] encontra-se fundamentado nas descobertas dos séculos XV, XVIII e XIX (respectivamente, na Perspectiva, na Geometria Descritiva e na Geometria projetiva). Evidentemente, o usuário de um programa de computação gráfica precisa ter um conhecimento razoável dessas ciências para fazer uma leitura correta da imagem que a máquina apresenta ou, ainda, para que possa ter alguma autonomia na elaboração de seus projetos.*

Depois do *boom* computacional nos anos 90, apesar de todos os avanços na área, a GD, de maneira geral, ainda se mostra isolada, não prática e é vista como uma disciplina desatualizada, presa somente aos recursos tradicionais. Para quebrar certos paradigmas, são expostos nesta dissertação alguns grupos que promoveram, ao passar dos anos, novas propostas de se ensinar a GD de forma atualizada utilizando recursos gráficos oferecidos pelo mercado ao longo dessas duas décadas.

No capítulo seguinte se discorrerá sobre a importância do desenvolvimento tátil no aprendizado, o estímulo ao manuseio de materiais e objetos, bem como algumas teorias que amparam esta proposição. E se falará do quanto o futuro profissional de Arquitetura precisa estar coeso em suas aptidões táteis a fim de desenvolver o mais plenamente possível sua habilidade manual e seu raciocínio espacial a fim de bem exercer o seu ofício.

### 3. A IMPORTÂNCIA DO DESENVOLVIMENTO TÁTIL NO APRENDIZADO

#### 3.1 A Inteligência Espacial e o Ensino

Apesar de os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN) apontarem que as escolas tem por prática estimular o contato manual com objetos, na prática, esta abordagem didática é direcionada principal e quase exclusivamente ao ensino das Artes Visuais e Cênicas.

Por que tal prática deixa de ser incentivada em outras esferas do saber, de modo a contribuir, de fato, para o constante desenvolvimento da mente gráfica?

O método montessoriano propõe a renúncia do professor à posição de 'ensinante', em prol da postura de oferecer simplesmente apoio para que o aluno possa explorar todas as possibilidades inscritas nos objetos, segundo seu próprio tempo e necessidade. Nos termos da autora:

*A mestra deve conhecer muito bem o material, tê-lo sempre muito presente na memória e aprender com exatidão a técnica experimentalmente determinada de apresentar o material e tratar a criança convenientemente para guiá-la com eficácia. Isto é o essencial na preparação da mestra. Poderá estudar teoricamente alguns princípios gerais utilíssimos para orientar-se na prática, mas só com a experiência adquirirá as delicadas modalidades que variam tratando com indivíduos distintos, para não entreter mentes já desenvolvidas com materiais inferiores às capacidades individuais, provocando o fastio, e não oferecer objetos que a criança não pode apreciar ainda, esfriando assim o primeiro entusiasmo infantil. (MONTESSORI, 1937: p. 177).*

Os professores Dílson Lima Filho e Fábio de Macedo, da UFRRJ, criticam o fato de o Desenho, de acordo com a Lei 5692/71 - de Diretrizes e Bases, deixar de ser disciplina obrigatória, "passando a ser oferecido como parte da Educação Artística, diluindo-se em atividades oferecidas segundo o gosto, o interesse, a formação dos professores ou vontade dos dirigentes educacionais." Comentam ainda sobre a falta de conscientização, expressa nas leis, quanto à importância do aprendizado da expressão gráfica:

*As Leis, Resoluções e Pareceres, são paradoxais, na medida em que avançam e retrocedem em relação à realidade da formação do estudante brasileiro. Destacaram, como se viu, "o Cultivo das Linguagens" e não viram a Expressão Gráfica como fundamental entre as expressões, pois, diz a história, que os rabiscos formais antecederam à fala e à escrita. (LIMA FILHO; MACEDO, 2007, p. 4)*

Os estudos de Piaget (SOUZA, 2007), por exemplo, confirmam a vantagem de manipular objetos para a construção do conhecimento, sobretudo o gráfico e espacial.

*Através da experiência física, a criança conhece os objetos com sua ação sobre ele, ela age sobre ele e o manipula, descobre as propriedades materiais que podem ser observadas através da visualização e do manuseio de tais objetos. Com um certo nível de abstração, a criança descobre as propriedades físicas de um objeto, entretanto, para solidificar esse conceito, precisa-se de uma estrutura organizada da inteligência. (SOUZA, 2007. p.1)*

Nas disciplinas de Expressão Gráfica do Ensino Médio espera-se que o aluno tenha um raciocínio espacial bem desenvolvido para que possa “traduzir” de maneira efetiva o que está no tridimensional para o bidimensional e vice-versa. Um dos fatores que levam ao sucesso nessas disciplinas é ter-se alcançado um bom nível de desenvolvimento da percepção espacial na educação básica.

Ainda mais fortemente, no ensino superior, especialmente nas áreas afins, espera-se que o aluno tenha este mesmo raciocínio espacial bem desenvolvido.

No entanto, não é esta a realidade que o professor destas áreas encontra. Esta dissertação pretende chamar a atenção para o potencial Didático do manuseio de objetos e baseia-se, para este fim, nas teorias de Griffin e Gerber (1996), expostas na fundamentação Teórica desta pesquisa e que compõe seu primeiro capítulo. Ali se fala mais alongadamente sobre as quatro fases da ‘modalidade tátil’ em crianças cegas e se demonstra que a compreensão de determinada forma fica mais acessível após a análise das partes do objeto.

Em prol da boa compreensão do que no presente capítulo se afirma, se procederá uma breve revisão daquilo de que trata a terceira fase da ‘modalidade tátil’ descrita por Griffin e Gerber (1996). Esta é, segundo eles, a fase da representação gráfica, onde o indivíduo se torna capaz de discernir entre objetos verdadeiros e suas representações, ou seja, é o momento em que ele consegue abstrair as formas.

Certas estratégias utilizadas para o ensino de crianças cegas, assim como em adolescentes que chegam aos centros especializados após o período normal de aprendizagem, podem ser também aproveitadas para o ensino específico de disciplinas que envolvam o espaço tridimensional, quando se trabalha com estudantes sem problemas de visão. Serve de exemplo a alternativa didática que se vale de modelos sólidos projetados especificamente para o aluno captar todas as informações sensoriais possíveis pelo tato aliado ao sentido da visão, de modo a poder elaborar construções gráficas sem perda da capacidade de abstração do objeto em estudo.

Gardner (1994, p. 137) tece considerações importantes sobre a inteligência espacial quanto às capacidades “*frouxamente relacionadas*” a ela. Diz ele que o indivíduo pode desenvolvê-las, ou não, de modo independente: a capacidade de transformar ou reconhecer a transformação de elementos; de imaginar formas e transformá-las; a de produzir representações bidimensionais (gráficas) a partir de tridimensionais (espaciais); entre outras correlacionadas. Tais competências “habitam” na esfera da inteligência espacial e à medida que cada uma delas se desenvolve, uma pode exercer influência positiva no progresso de outra.

Incentivar o aluno a construir Sólidos Dinâmicos permite que ele explore em sua totalidade todos os elementos do objeto, obtendo assim a imagem mental das partes que o constituem e aprimorando sua inteligência espacial.

Parafrazeando Gardner (1994, p. 149), é importante ressaltar que o pensamento espacial não está associado somente a alguns campos da ciência matemática. Ele vai muito além das fórmulas, pois cada ciência usa a inteligência espacial de forma particular. Trabalhar a visualização espacial em exercícios projetivos, utilizando a modalidade tátil como um poderoso auxiliar didático, pode garantir ao aluno além de um bom raciocínio gráfico uma boa inteligência espacial também em outras esferas do saber.

### 3.1.2 Raciocínio espacial e o aprendizado na Arquitetura

Na Arquitetura, ainda é possível considerar o desenho como o principal meio de comunicação entre todos os agentes envolvidos nas diversas etapas de produção. Para a construção de um projeto arquitetônico, são utilizados vários meios de representação, desde o mais simples *croqui*, evoluindo para o mais detalhado desenho técnico em ambiente CAD e, até mesmo alcançando modelagens tridimensionais em *softwares* específicos. Em praticamente todas as etapas do projeto, de forma implícita, o conceito das 3 vistas ortográficas principais (frontal, superior, lateral) é desenvolvido de modo a indicar fachadas, coberturas e cortes da forma a ser trabalhada. Espera-se que o futuro profissional tenha intimidade com o campo das representações gráficas, assim como um domínio em interpretar na planta de arquitetura (suporte bidimensional) todas as informações existentes em uma construção (objeto tridimensional).

Gardner (1994), em sua teoria das inteligências múltiplas, propõe que o indivíduo é dotado de várias inteligências e, dependendo do meio, ele desenvolve mais, ou menos, certas inteligências como: linguística, música, lógico matemática, espacial, corporal, interpessoal e intrapessoal. Restringindo ao campo da arquitetura e GD, encontra-se um grupo que naturalmente deverá ter a sua “inteligência espacial” mais estimulada e exigida para encarar os desafios da GD e da futura profissão.

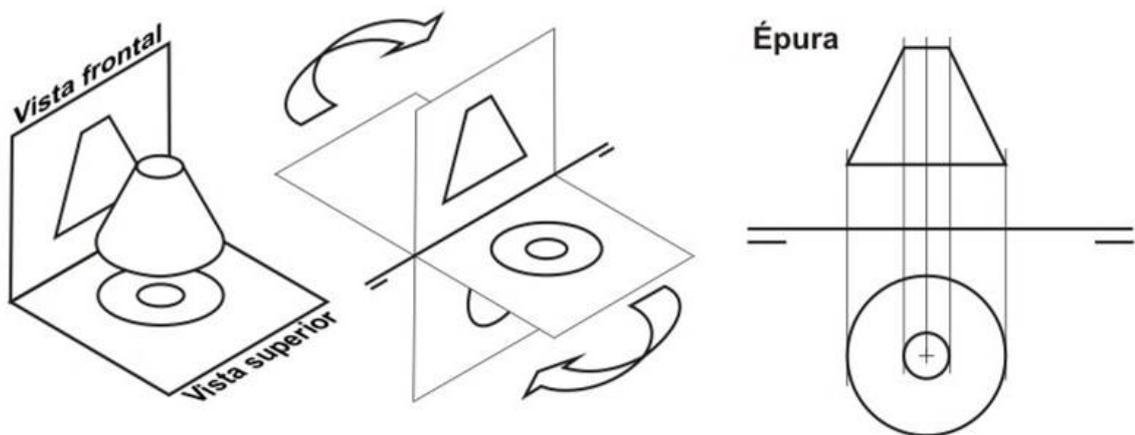
Para Gardner (1994, p.135) a inteligência espacial pressupõe:

*[...] as capacidades de perceber o mundo visual com precisão, efetuar transformações e modificações sobre as percepções iniciais e ser capaz de recriar aspectos da experiência visual, mesmo na ausência de estímulos físicos relevantes. Pode-se ser solicitado a produzir formas ou simplesmente manipular as que foram fornecidas.*

Um indivíduo que apresenta deficiências cognitivas no campo do raciocínio espacial poderá apresentar dificuldades na apropriação do conhecimento em outras esferas do saber (GARDNER, 1994). Sendo este indivíduo um aluno de Arquitetura e Urbanismo é preciso que, durante sua formação, esta lacuna seja devidamente preenchida com o acúmulo de experiências necessárias para que este futuro profissional consiga superar os desafios visuais encontrados durante sua jornada. Isto porque é a Arquitetura um campo do Saber e do Fazer humano que exige que o profissional manipule a forma ou o objeto mentalmente. Para tanto se faz necessária a construção e apreciação mental de um objeto sob todos os seus ângulos de modo a que se imagine com verossimilhança, o modo como este objeto ou forma se pareceria se fosse girado. Esta capacidade está completamente inserida na esfera

espacial, e trata-se de uma aptidão que exige bastante da pessoa, “solicitada a ‘girar mentalmente’ formas complexas através de giros e voltas” (GARDNER, 1994, p.135).

A disciplina Geometria Descritiva I (GD I) exige um alto grau cognitivo dos estudantes no que diz respeito a interpretação do objeto por meio de suas projeções chamadas Épura (figura 03), também requer uma bagagem geometrográfica mínima para assimilar o processo de sistematização do espaço elaborado por Gaspard Monge. Estas competências mínimas exigidas pela disciplina, não estão sendo atingidas de forma suficiente pelo corpo de alunos da FAU - UFRJ, ocasionando um alto grau de reprovação.



**Figura 03: Projeções relacionadas – A épura**

**Fonte:** arquivo do autor

### **3.2 Habilidade manual e raciocínio espacial**

Há tempos a utilização de maquetes vem sendo um importante auxílio às ciências por proporcionar uma melhor compreensão do nosso universo, na arquitetura, a maquete assume uma parte importante na concepção do projeto, suas dimensões reduzidas auxiliam uma visualização panorâmica do objeto. O ato de fabricar a maquete gera grande aprendizado, elevando o raciocínio espacial a outro patamar, pois a compreensão e disposição de suas partes, quando planificadas, propiciam ao estudante observar, tatear e experienciar na prática, os cálculos obtidos em análise anterior (figura 04). Para confeccionar maquetes com certo rigor técnico, é preciso que a habilidade prática e teórica de calcular medidas gráficas estejam bem desenvolvidas.



**Figura 04: A maquete e o estudo volumétrico**

**Fonte:** arquivo do autor

Piaget (1981) descreve o que ele chama de *Fase Operatória Formal*, situada por volta dos doze anos de idade, em que o indivíduo começa a raciocinar lógica e sistematicamente, capacitando-se para o raciocínio abstrato, através do qual se torna capaz de tecer deduções lógicas sem o apoio de objetos concretos. Deste modo, o pensamento não está mais limitado à representação imediata ou às relações previamente existentes, e se torna capaz de concatenar todas as relações possíveis logicamente, e a buscar soluções a partir de hipóteses e conjecturas, que prescindem da observação da realidade. Isto posto, pode-se afirmar que é na *Fase Operatória Formal* que o indivíduo estaria mais apto a começar a compreender os conteúdos relacionados com a Geometria Projetiva. Contudo, a vivência escolar nos indica que este cenário – o da apreensão eficaz e no tempo adequado – raramente encontra paralelo na vida prática. E o que se verifica de fato é a persistente dificuldade dos alunos em compor e visualizar um objeto no espaço. O que demonstra certa atrofia cognitiva, por falta de estímulo no tempo adequado, já que os conteúdos relacionados à Geometria Descritiva são introduzidos somente no Ensino Médio, quando a criança já passou por esta Fase.

Naturalmente não é tão raro ocorrer que devido às suas aptidões pessoais, ou mesmo ao eventual estímulo extraescolar, alguns indivíduos desenvolvam satisfatoriamente suas aptidões cognitivas espaciais. Contudo, há aqueles que mesmo sofrendo da atrofia cognitiva descrita no parágrafo anterior, optam por campos profissionais que lhes exigirão a capacidade de compor e visualizar um objeto no espaço. E tampouco esta é uma circunstância rara.

Diante de tal defasagem faz-se necessária a adoção de novas estratégias pedagógicas.

Tome-se o conceito de Granger, citado por Biembengut e Hein (2002), de que "o modelo é uma imagem formada em nossa mente no momento em que nossa razão

procura compreender e expressar intuitivamente uma sensação, buscando relações com algo conhecido, produzindo deduções e questionamentos".

A partir de tal conceito, e visando facilitar a compreensão dos estudantes de Geometria Projetiva, se decidiu pela utilização de modelos físicos que se provaram de suma importância, por aliar qualidades visuais e táteis.

Tal modelo, para ser eficaz no fornecimento de informações básicas nesse campo do conhecimento, precisa respeitar as regras estabelecidas no espaço geométrico. Regras estas traduzidas na quantidade significativa de símbolos e informações cartesianas de que se utiliza a Geometria Descritiva para organizar o espaço, de modo a possibilitar a obtenção da localização exata do objeto, bem como suas projeções nos planos de projeção.

Devido a tais regras, um aluno com capacidade de abstração baixa poderá ter dificuldades em visualizar todos os elementos desse sistema se tentar construí-lo mentalmente por meio de notações ou até mesmo por figuras explicativas.

*Quando a cabeça é separada da mão, a consequência é uma deterioração mental - resultado particularmente evidente quando uma tecnologia como o CAD é utilizada para apagar o aprendizado que ocorre com o desenho à mão. (SENNETT, 2009, p. 64)*

E visando minorar os efeitos desta dificuldade na compreensão do sistema projetivo que aqui se propõe a criação de um modelo físico para que os alunos possam observar sob vários ângulos os diedros formados pelos planos de projeção do sistema em questão.

E esta proposta, naturalmente, terá lugar no ambiente didático. Pois ele é o espaço onde o professor atua para que o aluno consolide seu pensamento geométrico e seu raciocínio projetivo. É também ali que poderá valer-se de estratégias como modelos físicos, e os recursos da computação gráfica para introduzir conceitos modernos como a geometria gráfica bidimensional, tridimensional e a realidade virtual.

## 4. DA CONSTRUÇÃO DO PENSAMENTO GEOMÉTRICO NO AMBIENTE DIDÁTICO

### 4.1 Da concepção dos sólidos

O fundamento teórico desta Dissertação nada mais é que a reunião, em um bloco, daqueles autores cuja obra amparou esta reflexão, a construção e a aplicação de Sólidos Dinâmicos. Sendo assim, considera-se válido esclarecer como tais teorias confluíram para a prática, que foi efetivamente o trabalho empírico com os Sólidos Dinâmicos.

Este autor, como professor de Desenho Geométrico do Colégio Pedro II de Niterói, experienciou a dificuldade cognitiva em seus alunos, descrito por esses tão bem que ficou explícita no item imediatamente anterior a este.

Por ser uma unidade nova do Colégio, os alunos ingressavam por concurso, e, oriundos de outras escolas, tiveram, em sua maioria, pouco ou nenhum contato efetivo com disciplinas relacionadas ao raciocínio gráfico. Para suprir este *déficit*, fez-se necessária uma série de revisões de geometria plana elementar, por exemplo: reintrodução de conceitos como pontos notáveis do triângulo a fim de capacitá-los a prosseguir no programa da instituição.

Ao longo de tais revisões, tornou-se visível que tanto mais fácil se tornaria a absorção dos conceitos primordiais de geometria, quanto mais demonstráveis fossem tais conceitos, e, para este fim, o autor desenvolveu um instrumento didático na forma de Sólidos Dinâmicos que visou a facilitar o entendimento e a representação de poliedros na Geometria Descritiva ensinada àqueles estudantes.

O resultado das práticas didáticas utilizando este sólido foi bastante satisfatório.

À época de tal experiência, o autor desta dissertação cursava a pós-graduação *latu senso* Especialização em Técnicas de Representação Gráfica no Programa de Pós-graduação da Faculdade de Belas Artes da Universidade Federal do Rio de Janeiro.

A monografia, apresentada ao final daquele curso, ocupou-se de relatar o desenvolvimento deste sólido e o resultado das práticas didáticas a que ele se prestou.

A partir desta monografia, procurou-se o Programa de Pós Graduação em Arquitetura, e cumprindo a etapa do Estágio Supervisionado, veio-se a perceber que os alunos chegavam ao ensino superior apresentando as mesmas dificuldades ocasionadas pelas deficiências em seus percursos escolares, na área do raciocínio gráfico.

O curso de Arquitetura e Urbanismo requer um conhecimento prévio básico de geometria elementar e oferece a disciplina Geometria Descritiva na formação de seus profissionais. Contudo, na graduação, persistem as dificuldades, repetindo o padrão daquelas apresentadas pelos alunos dos anos finais do ensino médio, no que diz respeito à compreensão de uma nova disciplina relacionada a este campo do raciocínio. Em decorrência disto, boa parte dos estudantes do curso de Arquitetura e Urbanismo acaba sendo reprovada nesta disciplina que além de obrigatória, é pré-requisito para outras, o que ocasiona um significativo atraso em seus currículos que, no limite, deve-se a dificuldade de raciocínio operacional ocasionada pelo acúmulo da má apreensão dos conceitos da Geometria Descritiva.

Assim, também ali, no ensino universitário, os professores são obrigados a proceder a revisões para capacitar os alunos a prosseguirem com o programa oferecido pela universidade.

A partir de todas estas observações, reflexões e leituras, foi que este professor encontrou um caminho para as suas próprias questões didáticas: a construção e proposição de uma ferramenta didática na forma de Sólidos Dinâmicos a serem manipulados pelos alunos a fim ampliar as suas habilidades cognitivas e minimizar o déficit de abstração espacial com que chegam à época escolar em que se introduzem os conteúdos de Geometria Descritiva, e, mais além, aos que chegam à graduação de Arquitetura e Urbanismo apresentando a mesma dificuldade.

Este processo teve seu ápice quando do ingresso no Mestrado em Arquitetura na FAU - UFRJ. Ali o autor encontrou acolhida e espaço de reflexão no grupo de pesquisa *Educação do Olhar*. Neste grupo foi apresentado a uma forma de ensinar Geometria que ia ao encontro daquilo em que ele próprio já se baseava como professor: uma prática didática que se distanciava das tradicionais, por compreender que o ensino da geometria não poderia ser eficaz se se ativesse à apreensão da Forma pela via de fórmulas e formas prontas, mais impostas que vivenciadas.

Naquele Grupo estava sendo utilizada uma metodologia empírica que propunha o estudo e compreensão da Forma pelas mais diversas vias, e sua elaboração através de um processo eminentemente sensorial e reflexivo. E este já era um entendimento com o qual ele estava familiarizado em sua vivência como professor e que resultara na criação de sua própria ferramenta. Submeter-se a tal método como aluno, lhe permitiu reexperienciar a Forma através da abstração. E foi esta experiência que o levou a crer estar em um bom caminho no propósito de proporcionar o mesmo a seus alunos.

Vale assinalar, também, que em boa parte das vezes, o aluno já consegue visualizar os elementos geométricos e suas relações. Esta cognição é plenamente aplicada em atividades como games, por exemplo. No entanto, esta é uma aplicação restrita ao campo do prazer, e no ambiente de sala de aula, num contexto de obrigatoriedade, frequentemente o aluno não consegue acessar aquela habilidade requerida ainda que, muitas vezes, ela já exista.

O professor deve sempre considerar que, como pondera Montessori (1937), a adolescência é a fase da vida em que surgem sentimentos sociais e se produz a necessidade de associação. Essas condições são desprezadas pela educação corrente que se limita ao uso de um material escolar muito distante das suas conexões cotidianas, e disso advém uma série de problemas, como a rebeldia dos alunos contra educadores e sua repugnância à escola.

É para fazer essa conexão que se propõe o uso dos Sólidos Dinâmicos com a fundamental observação de que esta ferramenta precisa ser amparada por um professor atento e capaz de imergir no mundo do aluno e ajuda-lo a resgatar suas habilidades pré existentes para o ambiente da sala de aula.

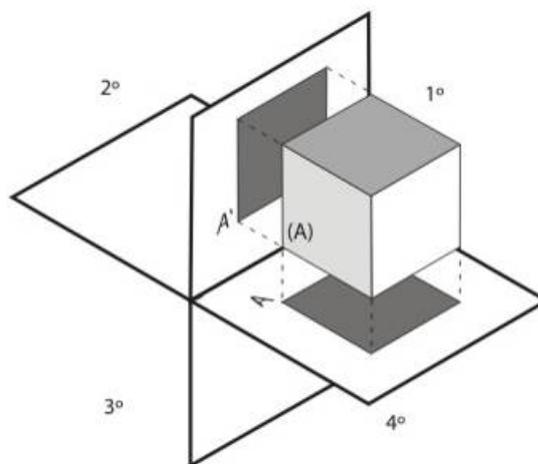
*A tarefa da educação se divide entre a mestra e o ambiente. A antiga mestra 'ensinante' foi substituída por um conjunto muito mais complexo; quer dizer, coexistem com a mestra muitos objetos (os meios de desenvolvimento) que contribuem para a educação da criança. A profunda diferença que existe entre nosso método e as chamadas 'lições de coisas' dos métodos antigos reside em que os 'objetos' não são uma ajuda para a mestra que há de explicar suas lições, ou seja, não são 'meios didáticos'. São, em contrapartida, uma ajuda para a criança que os escolhe, que se apropria deles, os utiliza e se exercita segundo suas próprias tendências e necessidades e conforme os impulsos que o objeto desperta. Desta feita, os objetos se convertem em 'agentes estimulantes de sua própria atividade'. Os objetos, não o ensino da mestra, são o principal; e, como quem os utiliza é a criança, é este o ente ativo, não a mestra.*

*(MONTESSORI, 1937: p. 176).*

## 4.2 O uso de modelos físicos para potencializar o raciocínio projetivo

Na GD, há um enorme volume de informações (notações matemáticas) e símbolos cartesianos (eixos x, y e z) para reger o espaço tridimensional de modo a obter a localização exata do objeto, bem como suas projeções nos planos de referência. Assim, um estudante com capacidade de abstração baixa e iniciante no estudo da geometria espacial poderá ter dificuldades em visualizar todos os elementos desse sistema se tentar construí-lo mentalmente por meio de notações ou até mesmo por figuras explicativas. A intenção em GD I é tornar o sistema de Monge palpável e levar o estudante a experienciar os conceitos trabalhados.

Visando a facilitar o entendimento por parte dos estudantes de geometria projetiva, o uso de modelos físicos mostra-se de grande importância, por aliar as qualidades visuais e táteis. Para a elaboração de um modelo físico voltado para fornecer as informações básicas nesse campo do conhecimento, é preciso respeitar as regras estabelecidas nesse espaço geométrico.



**Figura 05 - Diedros móveis e esquema de associação com sólidos.**

**Fonte:** arquivo do autor

O estudo dos objetos por meio de construção dos modelos tridimensionais estimula os sentidos, "não só a visão, mas também o tato, no processo de exercitar a mente para a concepção e entendimento de formas no espaço" (CARVALHO; FONSECA 2007, p7). O uso de maquetes arquitetônicas, por exemplo, requer todo um processo de conhecimento de geometria plana, espacial e dos materiais envolvidos para que o resultado final não sofra deformações, o que a torna um ótimo recurso no ensino de GD.

### **4.3 A Geometria Descritiva e o caráter didático dos ambientes de computação gráfica**

O processo de construção de um projeto arquitetônico vale-se de diversas formas de representação, e o desenho costuma ser o melhor meio de comunicação entre profissionais e clientes. Em quase todo o processo do projeto, o conceito das três vistas ortográficas (frontal, superior, lateral) é observado, seja no mais simples *croqui*, passando pelo rigor de detalhamento do desenho técnico em ambiente CAD, até chegar às maquetes virtuais produzidas em *softwares* específicos.

Da década de 90 até os dias de hoje, podemos destacar três momentos do ensino de GD utilizando recursos gráficos computacionais:

*Computação gráfica bidimensional* – *Softwares* voltados para a arquitetura e engenharia com capacidade de produzir desenhos planos por meio de coordenadas (x; y), a imagem é estática, há simulação de objetos por meio da perspectiva, luz e sombras. Em paralelo, programas de Geometria Dinâmica, muito utilizados para ilustrar exemplos matemáticos de geometria analítica, são capazes de simular movimento conquistando muitos professores na área de geometria projetiva.

*Computação gráfica tridimensional* – *Softwares* direcionados principalmente para a modelagem de objetos virtuais (maquete eletrônica) podendo ou não conter animações.

*Computação gráfica por realidade virtual* – Com o avanço dos *hardwares* em conjuntos com *softwares* de engenharia de jogos de computador foi possível colocar o espectador além das telas do monitor, com o auxílio de óculos especiais 3D é possível ter uma experiência mais próxima do real. Já com a realidade aumentada é possível “inserir” (tendo a tela como campo visual) objetos virtuais no mundo real com o auxílio da tela do celular por exemplo.

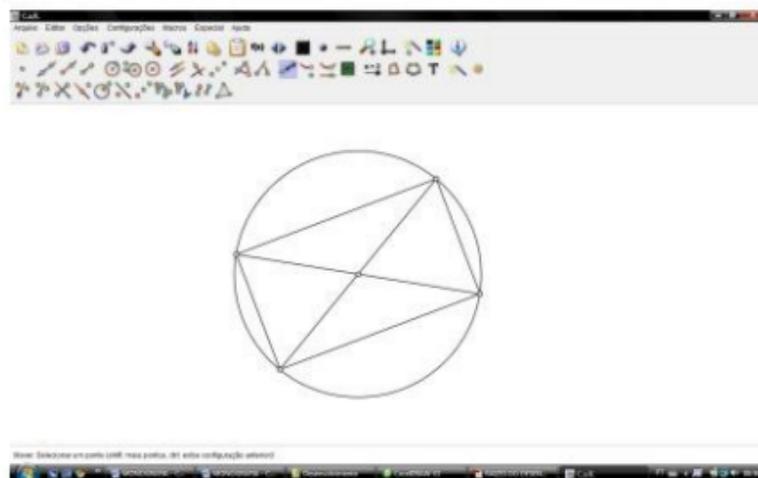
### 4.3.1 Geometria Gráfica Bidimensional

A geometria gráfica bidimensional ganhou adeptos no universo da GD pela facilidade de se trabalhar com a geometria euclidiana de forma dinâmica (em movimento). Nas aulas de GD é geralmente, usado para ilustrar os passos da construção geométrica das projeções em épura.

*Adicionando o potencial didático do computador aos princípios da geometria tradicional, tem-se um avanço significativo na aprendizagem de geometria. O que antes era visto sob a forma de imagens estáticas, agora, por meio de recursos informatizados, é visualizado de forma dinâmica (em “movimento”).*  
(BUENO, 2009, p.25)

As principais características de programas de Geometria Dinâmica são: Permitir a construção intuitiva de entes geométricos, baseado no conceito “régua e compasso” podendo ou não animar seus pontos de acordo com lugares geométricos, efetuar transformações transpuntuais, construção e comprovação de (baseado nos postulados de Euclides) conceitos de Geometria Analítica.

Criado em 1988 o *Cabri Gèomètre*, por exemplo, é um *software* educativo elaborado por um grupo de professores franceses dirigido por Jean-Marie Laborde. Segundo Oliveira (2010) “o nome *Cabri* foi inspirado na sentença francesa *Cahier de brouillon interactif*, que significa Caderno de rascunho interativo. Ele oferece condições para a exploração de qualquer aspecto matemático suscetível de interpretação geométrica.” Na mesma linha surge o “Régua e Compasso”, este, ao contrário do *Cabri Gèomètre*, possui código aberto, o que facilitou e muito a sua difusão entre professores de GD (Figura 06). Hoje, Existem vários *softwares* de geometria dinâmica no mercado evoluindo e melhorando suas funcionalidades. Mesmo com algumas diferenças, o princípio de utilização e funcionamento é praticamente o mesmo.



**Figura 06 - Ambiente Régua e Compasso**

**Fonte:** arquivo do autor

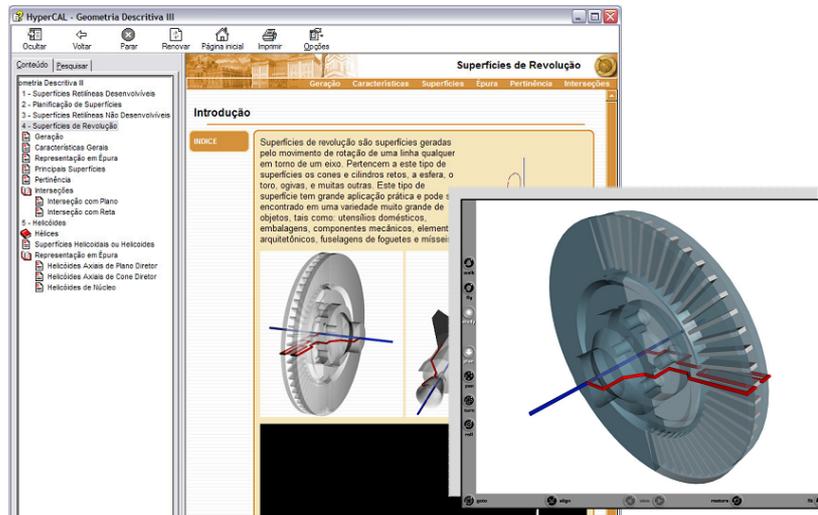
### **4.3.2 Geometria Gráfica Tridimensional**

Aproximadamente antes de 2005, a oferta de programas de modelagem tridimensional com custo acessível era baixa, o uso de programas de computação gráfica 2D eram os mais indicados para simular objetos, mas de forma estática. Ainda havia a necessidade de trazer a GD para uma realidade mais sensível aos olhos que permitisse uma interação mais próxima com o objeto de estudo.

*Com a computação gráfica, essas modelagens tornaram-se exequíveis. Seja através de programas que permitem uma representação em perspectiva, cujo ponto de vista ou a posição do objeto podem ser facilmente alterados; seja por outros, que executam a planificação de sólidos, auxiliando na confecção de modelos concretos. A preparação desses exemplares era mais trabalhosa no século XIX. Portanto, podemos pensar na utilização das ferramentas computacionais, para facilitar a compreensão do espaço tridimensional. (GANI, 2004, p.125)*

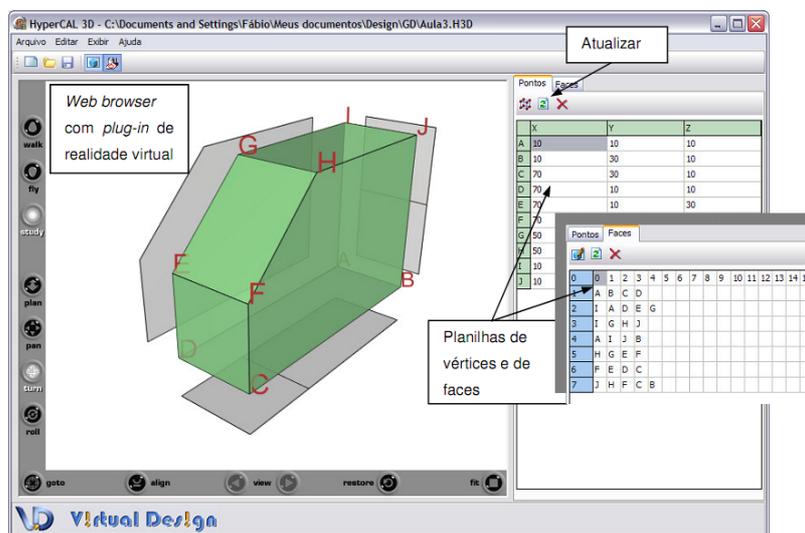
Alguns grupos relacionados ao ensino de GD, principalmente concentrados na área de engenharia e design, construíam seus próprios softwares. Como exemplo citamos o trabalho do grupo de pesquisa Virtual Design, (agraciados com Menção Honrosa no Prêmio de objetos de Aprendizagem da ABED/Universia em 2004) da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, este grupo criou uma ferramenta

didática para o ensino-aprendizagem de GD para o estudo de superfícies, que, segundo os pesquisadores, é uma área carente de bibliografia em GD (Figura 07).



**Figura 07: Interface do HyperCALGD.**

**Fonte:** TEIXEIRA, F. G.; SILVA, R. P.; SILVA, T.L.K.; HOFFMANN, A.T.; AYMONE, J.L.F



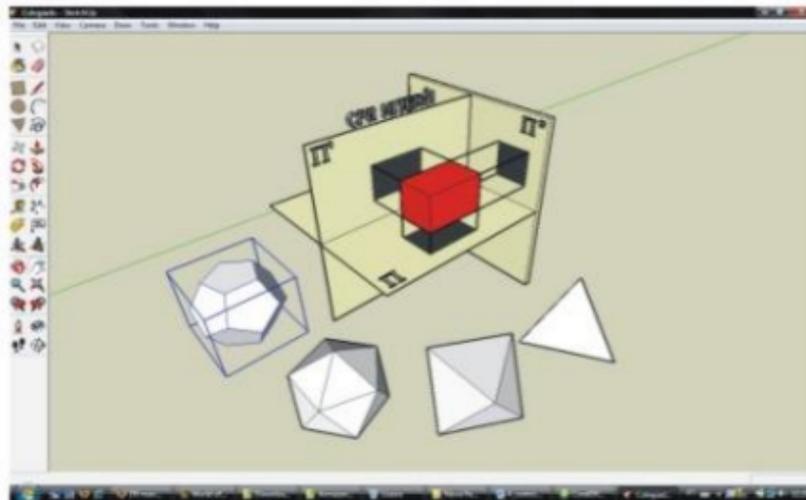
**Figura 08: Interface do HyperCAL3D.**

**Fonte:** TEIXEIRA, F. G.; SILVA, R. P.; SILVA, T.L.K.; HOFFMANN, A.T.; AYMONE, J.L.F

Após a criação do HyperCALGD foi concebido o HyperCAL3D (Figura 08). O software foi “desenvolvido para que os alunos possam representar em 3D os projetos elaborados a partir dos conceitos de geometria descritiva e, assim, estabelecer relações entre as representações convencionais e a geometria dos objetos em três dimensões”.

Atualmente, com a popularização e a grande oferta de *softwares* gratuitos a disposição de alunos e professores, é possível perceber, principalmente nos cursos de Arquitetura e Urbanismo, que a utilização do popular SketchUp, vem sendo praticada pela facilidade de acesso e uso do programa para a modelagem 3D, o uso da maquete eletrônica torna a experiência de estudar GD mais atraente (Figura 09), lembrando que o trabalho do professor é de vital importância para o sucesso do método apresentado.

*Os modernos programas de computador podem efetivamente aprender com sua própria experiência de uma forma expansiva, pois os algoritmos são reelaborados através da retroalimentação de dados. o problema, como afirma Victor Weiskopf, é que as pessoas podem acabar permitindo que as máquinas façam esse aprendizado, servindo a pessoa apenas como testemunha passiva e consumidora da competência em expansão, sem participar dela. Por isso é que Renzo Piano, projetista de objetos muito complicados, está sempre retornando de forma circular à prática de desenhá-los à mão. As formas abusivas de utilização do CAD bem demonstram que, quando a cabeça e a mão estão separadas, é a cabeça que sofre. (SENNETT, 2009, p.55)*



**Figura 09: SketchUp.**

**Fonte:** arquivo do autor

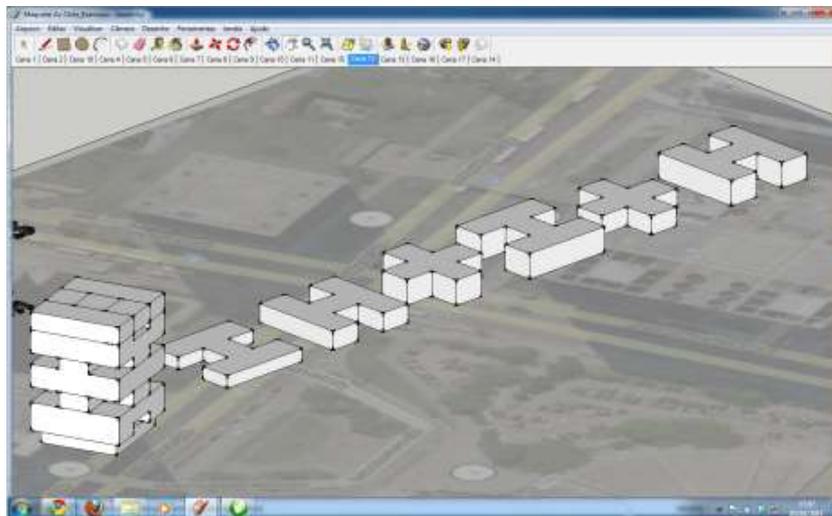
Como exemplo de uso desta ferramenta, citamos o grupo de pesquisa *Educação do Olhar* intimamente ligado a disciplina de Geometria Descritiva I da FAU - UFRJ e que utiliza o programa para elaborar novos métodos de percepção da forma arquitetônica, uma das propostas de exercício trabalhadas pelo grupo, leva o estudante a analisar uma edificação pelos olhos da GD (Figura 09). Devido a

natureza do programa, ele permite um olhar panorâmico para investigar o objeto como um todo, bem como partes (seções) dele (Figura 10).



**Figura 10: Volumetria básica das principais edificações da Av. Chile no RJ.**

Fonte: arquivo do autor



**Figura 11: Volumetria do prédio da PETROBRAS modelada em SketchUp.**

Fonte: arquivo do autor

### 4.3.3 Realidade Virtual / Aumentada

Atualmente, no progresso da computação gráfica, estamos, aos poucos, sendo inseridos em ambientes que simulam as mais diversas realidades, seja um *tour* virtual por uma cidade que não conhecemos ou um passeio pelo interior de um apartamento que ainda está sendo construído, são diversos os programas que, hoje, podem ser adquiridos de forma gratuita e “construir” o que nossa imaginação mandar.

Ao filmarmos uma localidade em tempo real podemos inserir objetos virtuais nas cenas captadas, formando uma ilusão de óptica, fazendo com que os objetos virtuais ‘pertencam’, de certo modo, ao mundo real. Assim, temos o que chamamos de um ambiente com Realidade Aumentada. Este recurso, antes resumidos aos grandes estúdios cinematográficos, está presente em grande parte dos telefones celulares do tipo *smartphones*, permitindo uma dinamização e interação entre as informações básicas do dia-a-dia com o mundo que nos cerca.

Um dos exemplos de inserção de novas tecnologias no ensino de GD pode ser observado na EBA - UFRJ, onde foi desenvolvido em 2007, em parceria com o GRVa/LAMCE/COPPE/UFRJ, um aplicativo chamado VSTARGD - Visualizador de Superfícies Tóricas em Geometria Descritiva com o uso de Realidade Aumentada (Figura 12).

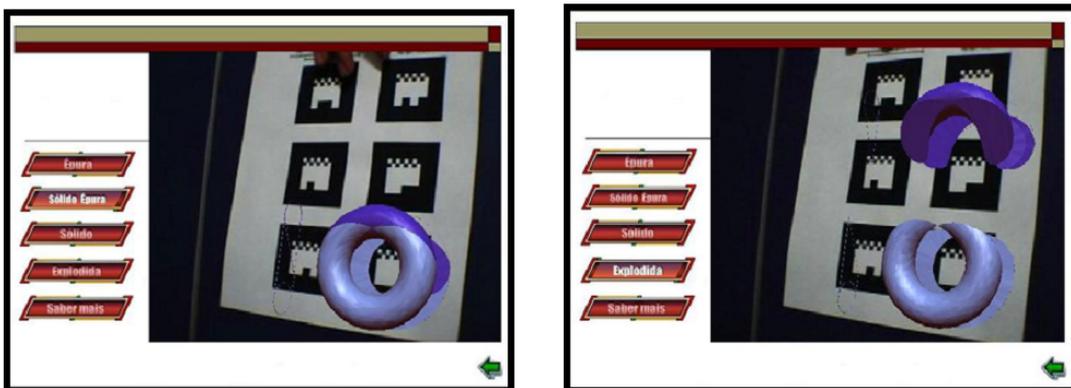


Figura 12: Momentos de uma seção tórica por meio de Realidade Aumentada.

Fonte: arquivo do autor

Há uma grande interação do aluno com o objeto. Com esta experiência o aluno estreita os laços entre os princípios da GD e o mundo real. Podemos imaginar em um futuro próximo, uma gama de possibilidades de aplicação desta ferramenta, por exemplo, ao colocar a câmera em um terreno vazio, poderemos visualizar na tela do

celular, várias opções de projeto, aproximando ainda mais a GD da prática profissional do futuro arquiteto. Como exemplo, podemos citar um projeto da empresa Google, que desenvolveu um par de óculos (Figura 13) aprimorado com a Realidade Aumentada, fornecendo informações, gráficos e captura de imagens de uma forma mais integrada com o ambiente, permitindo novas possibilidades de interação com o local a ser estudado.



**Figura 13: Google Glass – Óculos de Realidade Aumentada**

**Fonte:** <http://www.google.com/glass/start/what-it-does/> Acesso em: 13 mar. 2012.

Não obstante serem bem-vindos estes novos recursos, não se deve – se se almeja um resultado eficaz na construção do pensamento geométrico - abandonar as formas tradicionais de desenvolvimento motor e cognitivo, como o lápis, régua, compasso e esquadros por exemplo. É na forma dos dispositivos Sólidos Dinâmicos que se espera contribuir para este fim. O capítulo seguinte trata, exatamente, das etapas do desenvolvimento deste material, desde sua proposição à FAU/UFRJ, passando por sua aplicação e testagem, até a análise dos dados qualitativos e quantitativos obtidos com estes testes.

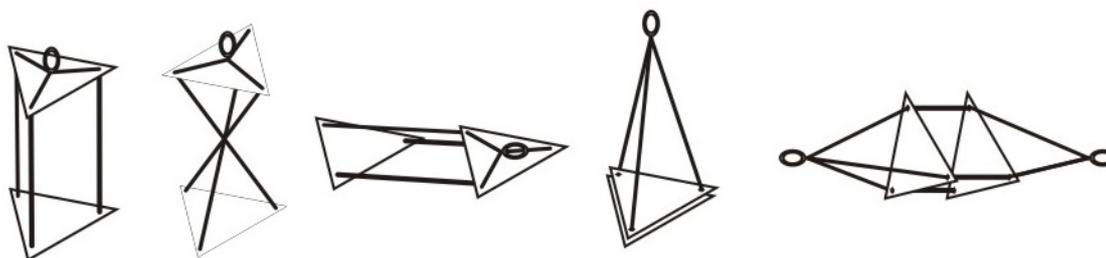
## 5. APLICAÇÃO DOS SÓLIDOS DINÂMICOS COMO INSTRUMENTO DIDÁTICO NO ENSINO DE GD

### 5.1 Proposição dos Sólidos Dinâmicos

O “Estágio Supervisionado”, etapa componente do programa de pós-graduação em Arquitetura (PROARQ), deu-se na disciplina Geometria Descritiva I, obrigatória para os alunos da graduação em Arquitetura. E o contato com as turmas que cumpriam esta disciplina mostrou-se bastante prolífico para comportar a investigação dos aspectos “de campo” desta pesquisa.

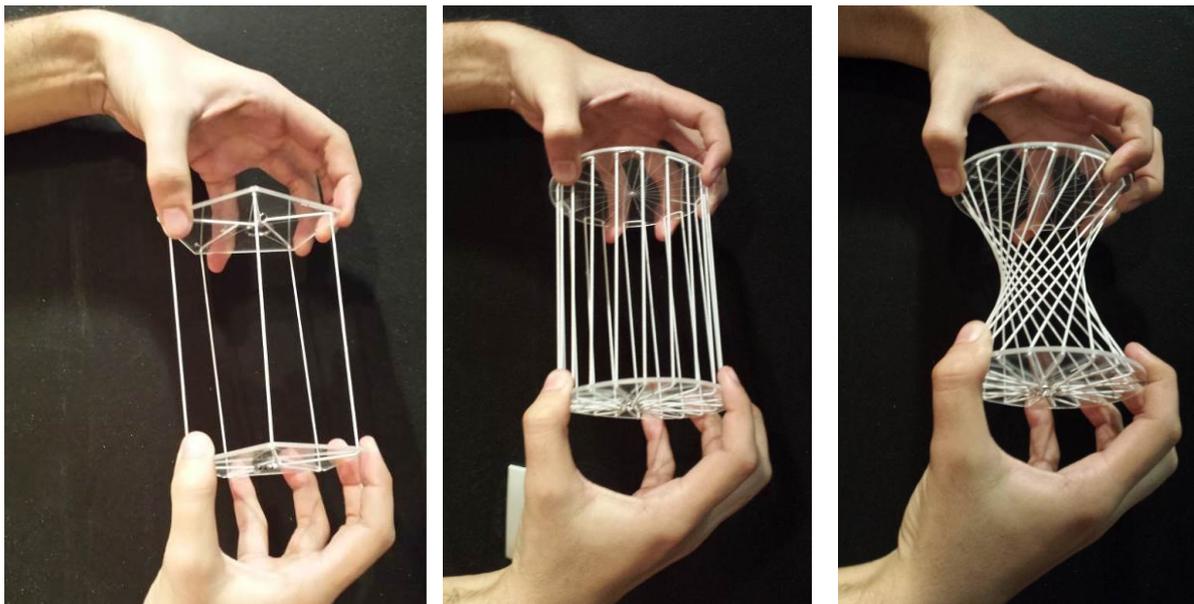
Esta vivência em sala de aula expôs as já conhecidas dificuldades de abstração dos alunos diante dos desafios visuais inerentes àquela Disciplina e ensinou o desenvolvimento de estratégias para a elaboração de um modelo didático capaz de auxiliá-los na transposição destes desafios, em busca da necessária autonomia no raciocínio gráfico-espacial.

E, na efetiva proposição deste modelo didático, foi que se sugeriu a construção de modelos concretos dinâmicos, significando objetos que pudessem ser manipulados, permitindo transformações e experimentações da forma, como se poderá observar nas Figuras 14, 15 e 16.



**Figura 14: Experimentações formais possibilitadas pelos Sólidos Dinâmicos**

**Fonte:** arquivo do autor



**Figura 15: Transformações formais possibilitadas pelos Sólidos Dinâmicos**

Fonte: arquivo do autor

Embora o Modelo aqui exposto, seja de construção rápida e utilize materiais de fácil obtenção (Figura 17), em função do tempo disponível para fins da aplicação dos testes nas turmas de GD 1, foram disponibilizados os Sólidos Dinâmicos já montados pelo professor.



**Figura 16: Peças utilizadas para confecção dos Sólidos Dinâmicos**

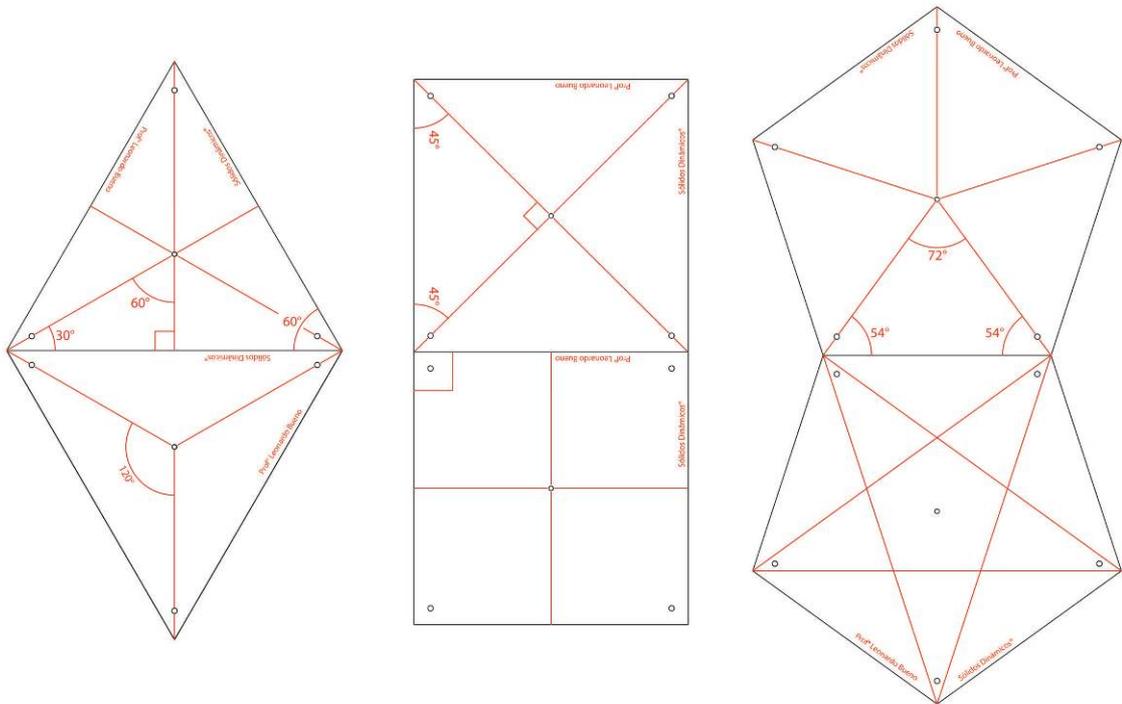
Fonte: arquivo do autor

Cumprе esclarecer, porém, que para a confecção destes modelos em particular, foi utilizada tecnologia de corte a laser (Figura 18), o que conferiu velocidade no processo de montagem das diversas bases dos sólidos, além da possibilidade de “gravar” informações bastante precisas em baixo relevo nas peças, permitindo a estimulação do tato no reconhecimento dos entes geométricos e suas características principais, tais como diagonais, ângulos internos, e outros aspectos (Figura 19).



**Figura 17: Processo de corte das bases dos Sólidos Dinâmicos**

Fonte: arquivo do autor



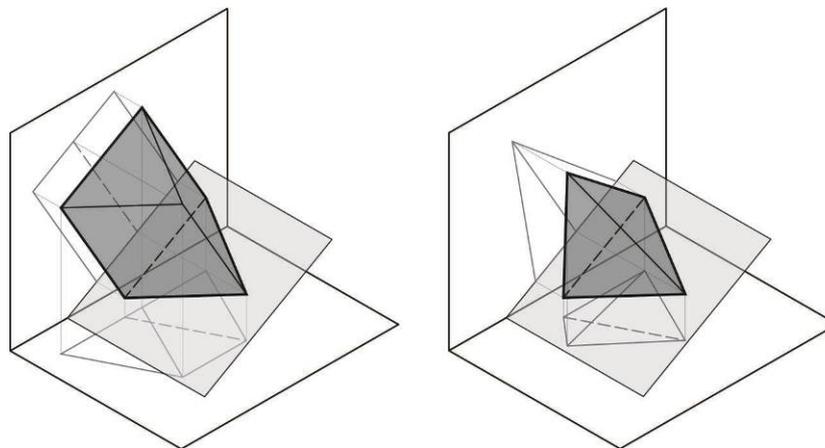
**Figura 18: Marcações feitas em baixo relevo em algumas das bases dos Sólidos Dinâmicos**

Fonte: arquivo do autor

Dá-se então que, ao manusear o sólido, o aluno vivencia o que Griffin e Gerber (1996) descrevem na Fase 3 da Modalidade Tátil e que já foi anteriormente mencionado na Fundamentação Teórica e no item 3.1 deste trabalho: dizem eles que a compreensão das formas fica mais acessível após as análises das partes de um objeto. Sendo este o momento da “representação gráfica”, onde a pessoa se torna capaz de discernir entre a representação e o objeto através da capacidade cognitiva da abstração.

Quando, em uma sala de aula, se possibilita ao aluno o manuseio dos sólidos dinâmicos, dá-se a comprovação prática destes elementos, pois tateando-os, ocorre a fixação da imagem e a construção mental dos componentes do sistema projetivo em estudo, e a partir disto a visualização de transformações, como por exemplo, através da manipulação da forma, a transformação do objeto em outro diedro, ou, ainda no campo da abstração visual, a promoção de diferentes rotações do sólido em estudo.

E a partir desta experiência, o estudante estará mais apto a enfrentar novos desafios visuais. Trabalhar em épura, onde o rebatimento de um dos planos projetivos sobre o outro se torna necessário para a visualização das projeções obtidas em um único plano (Figura 20), constitui um exemplo de desafio a ser vencido por aqueles que começam, a partir destas manipulações, a serem auxiliados no processo de abstração das formas.



**Figura 19: Diedro dos Sólidos propostos no teste**

**Fonte:** arquivo do autor

## 5.2 Aplicação teórica e prática: exercício e questionário

Decidido o melhor momento para aplicar o pré-teste, este foi feito em duas etapas: a primeira compunha-se de um exercício proposto para avaliar a contribuição de uma metodologia que utiliza os sólidos dinamicamente manipuláveis apresentados previamente, e na segunda etapa, os alunos foram convidados a responder a um questionário específico (ver Anexo 05) com o objetivo de investigar a vida escolar do estudante até a FAU - UFRJ.

Vale ressaltar que os materiais foram planejados para contemplar o conteúdo programático agendado (ver Anexo 06), no caso, a aula de número 11: *Mudança de um dos planos de referência para ver o sólido (prisma ou pirâmide) de outro ângulo e ainda, critérios de visibilidade.*

Os resultados obtidos com o pré-teste foram animadores e trouxeram dinamismo à pesquisa, pois durante o processo foram observados pontos que requeriam maior cuidado, seja na apresentação do método, seja no preparo do material para a confecção dos exercícios propostos.

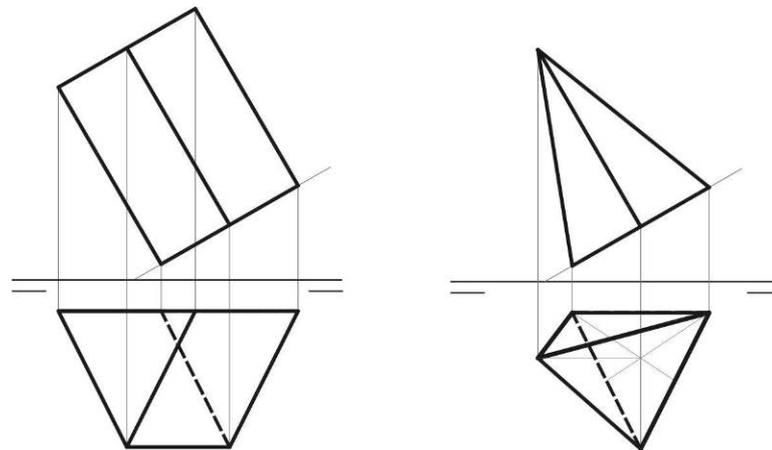
Após a devida incorporação das modificações suscitadas pelo pré-teste, chegou-se a um modelo definitivo que veio a ser aplicado conforme cronograma apresentado ao PROARQ, na turma seguinte de GD I em 2012, com exceção das turmas A, D e C que, por conta de uma greve nas universidades federais, acabaram estendendo o cronograma até março de 2013, período em que as turmas retornaram as atividades normais. Devido a este contratempo a turma C não participou da segunda fase da pesquisa.

Este teste, ao ser aplicado, teve o objetivo de estimar a capacidade dos estudantes de Arquitetura e Urbanismo, de aliar a consciência da qualidade tátil, o reconhecimento da forma e a representação gráfica, utilizando-se dos sólidos dinamicamente manipuláveis, ação sempre amparada pelas metodologias clássicas e modernas no ensino da Geometria Descritiva na Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da UFRJ.

Foram convidados a participar da pesquisa, alunos de cinco das turmas de GD I, aqui denominadas turmas A, B, C, D, E e G. Esta é uma disciplina obrigatória oferecida ao primeiro período da graduação em Arquitetura, sendo, deste modo, pré-requisito curricular. Assim, as turmas eram compostas por “calouros” e também por alunos repetentes de alguns períodos adiante.

O exercício proposto dividia-se em duas partes. Na primeira, o aluno deveria representar em *épura* o prisma reto de base triangular regular no 1º diedro; sabendo-se que a base  $ABC$  está apoiada em um plano perpendicular ao plano vertical de projeções ( $\pi'$ ) e faz  $30^\circ$  em relação ao plano horizontal de projeções ( $\pi$ ) o ponto  $(A)$   $(2,5; 1,0; 1,0)$ ;  $(AB)$  mede  $5,0$  cm e possui VG (verdadeira grandeza) em ( $\pi'$ ); altura do prisma =  $6,5$  cm.

No segundo momento, o aluno teve contato com o Sólido Dinâmico e deveria reproduzir uma pirâmide com as mesmas dimensões do prisma. Para a execução das questões propostas e buscando somar estratégias, também se utilizou alguns métodos tradicionais no ensino de GD, trabalhando-se com o instrumental de desenho (par de esquadros, régua, lapiseira e compasso).



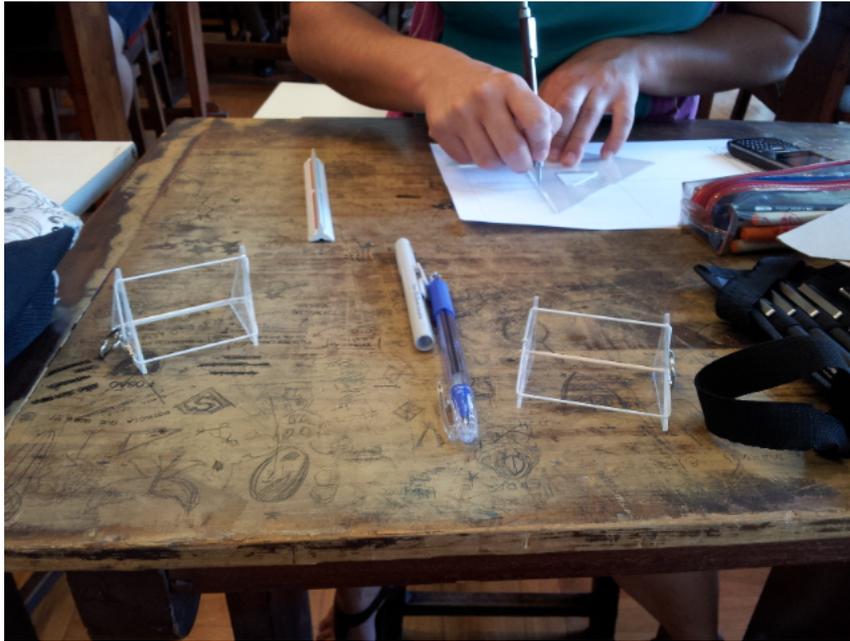
**Figura 20: Épura do exercício proposto no teste**

**Fonte:** arquivo do autor

A média de tempo de execução do exercício foi de vinte e sete minutos na primeira parte e dezesseis minutos na segunda.

Após aplicação do exercício prático solicitou-se aos alunos que respondessem a um questionário (ver Anexo 05) que visava coletar suas opiniões e fazer uma análise quantitativa e qualitativa sobre o uso de tais sólidos.

Pretendeu-se, ainda, averiguar como o manuseio desse aparato, conjugado a certas estratégias didáticas, poderia auxiliar no desenvolvimento do raciocínio gráfico/projetivo.



**Figura 21: Momentos da aplicação do teste.**

**Fonte:** arquivo do autor

### 5.3 Avaliação e análise dos resultados:

Os Alunos Respondentes (AR) das cinco turmas (TA, TB, TC, TD, TE e TG) foram submetidos a um questionário de quatro perguntas (ver anexo 05):

1. “Em quais séries do nível fundamental (EF) e/ou ensino médio (EM) você teve contato com disciplinas relacionadas ao Desenho Geométrico?”.

O aluno deveria assinalar a opção entre: 6º ano (EF); 7º ano (EF); 8º ano (EF); 9º ano (EF); 1º ano (EM); 2º ano (EM); Não houve contato; Outras séries.

2. “Se você assinalou uma ou mais séries na pergunta acima, diga os nomes das disciplinas”.

FASE 1

TURMA A UFRJ – FAU – DARF – GD I												
Perfil			Pergunta 1							Pergunta 2		
Aluno	Período	Idade	Ensino Fundamental				Ensino Médio			Não houve contato	Outros	Disciplinas anteriores
			6º	7º	8º	9º	1º	2º	3º			
AR01	1º	19				x	x	x				Des. Técnico
AR02	1º	-		x			x	x				Geometria Básica / Des. Técnico
AR03	1º	22								x		-
AR04	1º	19	x	x	x	x	x	x	x			Des. Geométrico
AR05	1º	20								x		-
AR06	1º	18			x	x						Des. Geométrico
AR07	1º	18	x	x	x	x		x				Geometria / Matemática Aplicada
AR08	1º	19	x	x	x	x	x	x	x			Geometria Básica
AR09	1º	19	x	x	x	x	x	x	x			Des. Geométrico
AR10	1º	19				x	x					Geometria Básica
AR11	1º	18	x	x	x	x		x				Geometria / Matemática Aplicada
AR12	1º	22					x	x	x			Geometria Plana

**Tabela 1: Turma A**

Fonte: arquivo do autor

TURMA B													
UFRJ – FAU – DARF – GD I													
Perfil			Pergunta 1									Pergunta 2	
Aluno	Período	Idade	Ensino Fundamental				Ensino Médio			Não houve contato	Outros	Disciplinas anteriores	
			6º	7º	8º	9º	1º	2º	3º				
AR01	2º	20					x						Des. Geométrico
AR02	2º	18									x		-
AR03	2º	18	x	x	x	x	x	x	x				Des. Geométrico
AR04	2º	18	x	x	x	x	x	x	x				Des. Geométrico
AR05	2º	18					x						Des. Técnico
AR06	1º	19		x	x	x	x		x				Des. Geométrico / Geometria
AR07	1º	18									x		-
AR08	1º	19		x	x	x	x	x	x				Des. geométrico
AR09	1º	19				x	x	x	x				Geometria básica (Matemática)
AR10	1º	19						x	x				Geometria (Matemática)
AR11	1º	18	x	x	x	x							Des. Geométrico
AR12	1º	18				x		x	x				Geometria (Matemática)
AR13	1º	20	x	x	x	x	x	x	x				Des. Geométrico
AR14	1º	20		x									Trigonometria
AR15	1º	19	x	x	x	x	x	x	x				Geometria
AR16	1º	18	x										Des. Geométrico
AR17	1º	17					x		x				Geometria
AR18	1º	18	x	x	x	x	x	x	x				Des. Artístico / Geometria
AR19	1º	18	x	x	x	x	x	x	x				Des. Geométrico
AR20	1º	18									x		-
AR21	1º	18			x	x	x	x	x				Geometria / Perspectiva
AR22	1º	21	x										Geometria (Matemática)
AR23	1º	22		x	x	x	x	x	x				Geometria (Matemática)
AR24	1º	19				x	x	x	x				-
AR25	1º	19			x	x	x	x	x				Geometria
AR26	1º	19										x	Des. Técnico
AR27	1º	19					x	x	x				Geometria (Matemática)
AR28	1º	21							x				Geometria Plana (Matemática)
AR29	1º	22							x				Geometria Espacial (Matemática)

8 alunos não responderam a fase 1.

**Tabela 2: Turma B**

Fonte: arquivo do autor

A disciplina Desenho não é oferecida obrigatoriamente na rede pública municipal de ensino, mas, na rede particular, o número de estabelecimentos que a mantiveram ou passaram a incluí-la em sua grade curricular é significativo. A relevância desses dados para a presente pesquisa está na possibilidade de se estimar quanta oportunidade teve o aluno para desenvolver seu raciocínio gráfico ao longo de sua vida escolar, e qual influência isso teve no seu desempenho posterior.

Dos 71 participantes, 18,3% declararam a opção “Não houve contato”, resultando em uma parcela de alunos que nunca recebeu tal instrução em sua vida escolar.

O restante, 81,7% dos respondentes, é de alunos que tiveram contato com as disciplinas relacionadas ao Desenho Geométrico. As respostas mostraram que o contato ocorreu em cursos técnicos na disciplina Desenho Técnico e em disciplinas como a matemática, onde é comum encontrar no ensino médio algumas subdivisões desta matéria, como Geometria, Cálculo ou Trigonometria.

FASE 1

TURMA C UFRJ – FAU – DARF – GD I												
Perfil			Pergunta 1							Pergunta 2		
Aluno	Período	Idade	Ensino Fundamental				Ensino Médio			Não houve contato	Outros	Disciplinas anteriores
			6º	7º	8º	9º	1º	2º	3º			
AR01	1º	20								x		
AR02	1º	19					x		x			Geometria Descritiva
AR03	1º	19				x	x	x	x			Geometria (Matemática)
AR04	1º	22				x	x	x	x			Geometria (Matemática)
AR05	1º	19						x				Matemática
AR06	1º	19		x	x	x	x					Des. Geométrico
AR07	1º	20								x		
AR08	1º	20		x	x	x	x	x	x			Des. geométrico / G. Analítica
AR09	1º	20			x	x	x	x	x			Des. geométrico / G. Analítica
AR10	1º	18								x		

**Tabela 3: Turma C**

**Fonte:** arquivo do autor

TURMA D UFRJ – FAU – DARF – GD I												
Perfil			Pergunta 1							Pergunta 2		
Aluno	Período	Idade	Ensino Fundamental				Ensino Médio			Não houve contato	Outros	Disciplinas anteriores
			6º	7º	8º	9º	1º	2º	3º			
AR01	1º	20					x	x	x			Des. Técnico
AR02	1º	23			x	x	x	x	x			Geometria

Tabela 4: Turma D

Fonte: arquivo do autor

TURMA G UFRJ – FAU – DARF – GD I												
Perfil			Pergunta 1							Pergunta 2		
Aluno	Período	Idade	Ensino Fundamental				Ensino Médio			Não houve contato	Outros	Disciplinas anteriores
			6º	7º	8º	9º	1º	2º	3º			
AR01	3º	20						x				Des. Técnico
AR02	2º	19	x	x	x			x				Des. Geom. / Des. Técnico
AR03	3º	25								x		
AR04	2º	18	x									Desenho Geométrico
AR05	2º	18								x		
AR06	1º	18		x								Matemática
AR07	4º	19						x	x	x		Des. Geométrico
AR08	4º	21								x		
AR09	2º	21				x						Des. Geométrico
AR10	3º	23								x		
AR11	2º	18								x		
AR12	2º	18								x		
AR13	2º	20	x					x	x	x		Des. Geométrico

Tabela 4: Turma G

Fonte: arquivo do autor

Ressalte-se que 28,1 % do total de respondentes, manifestou que ao longo de sua vida escolar, teve contato com a disciplina Desenho Geométrico de forma dedicada.

Com os dados obtidos na questão 4 é possível confirmar que a maioria das instituições de ensino não contempla os estudos relacionados a Desenho Geométrico no Ensino Fundamental e/ou Médio. Como já observado anteriormente, a ausência desta disciplina pode ocasionar deficiências na visualização espacial, o que é particularmente prejudicial ao aluno que escolha cursos superiores que exijam esta capacidade.

3. “Ao ter contato com Sólidos Dinâmicos, esses objetos foram capazes de auxiliar na sua aprendizagem? Descreva resumidamente que proveito você teve ao manipulá-los:”

Nesta questão, esperava-se que o estudante mostrasse em quais situações os Sólidos Dinâmicos haviam servido, ou não, de apoio pedagógico.

Para 99,8% dos alunos, o desenvolvimento da capacidade de visualização possibilitado pelo modelo foi notado. Alguns relatos exemplificam esta observação:

*AR37-TB: “Esse método permite à gente uma visualização mais rápida do problema proposto, assim é mais difícil de perdermos a linha de raciocínio, tentando imaginar de que maneira o sólido está colocado no espaço.”*

*AR32-TB: “Os sólidos ajudam na visualização principalmente onde as retas estão em VG. Além disso, a resolução do exercício foi mais rápida com o auxílio dos sólidos. Com certeza ajudarão ainda mais em poliedros irregulares e oblíquos.”*

*AR09-TB: “Pode-se enxergar e manusear um objeto que normalmente só tentamos imaginar e as vezes ficamos com dificuldade de entender sua posição/propriedades.”*

*AR05-TA: “A manipulação e visualização dos sólidos facilitam o entendimento do assunto, pois auxiliam na construção.”*

*AR02-TA: “Obter uma visão real do exercício faz com que possamos entender melhor os processos para determinar as projeções.”*

*AR02-TD: “A visualização fica bem mais simples no espaço e ajuda muito na resolução do exercício.”*

*AR22-TE: “Com os Sólidos Dinâmicos foi possível ver de forma mais clara como o objeto se situa nos planos”. Além disso, o elástico e o vazado permitem construir variadas formas e tamanhos, tornando assim bem eficiente.*

*AR28-TE: “Ajudou na ilustração do problema, porém não podemos confiar 100% neles porque o que vemos pode estar distorcido. Tive noção de que na projeção horizontal, o triângulo visto não era equilátero e sim isósceles.”*

*AR12-TE: “Ao ter um sólido em mãos e ver como realmente ele é, fica mais claro saber como serão suas projeções.”*

A fim de proceder à análise qualitativa dos dados obtidos quando da aplicação dos testes, foi utilizada a técnica do *Discurso do Sujeito Coletivo* (LEFEVRE, 2000), técnica de pesquisa criada para extrair a fala de uma coletividade a quem se quer investigar. Esta técnica consiste na análise por amostragem do discurso expresso pelos personagens da pesquisa em curso, extraindo-se destes depoimentos Idéias Centrais/ Ancoragens representativas daquele discurso, e gerando expressões-chave. A repetição destas Idéias Centrais e Expressões-chave compõem um ou vários “discursos-síntese” aos quais se denominou Discurso do Sujeito Coletivo.

Os dados abaixo foram analisados segundo este método. Esta análise evidenciou algo que deve ser assinalado: a geração em que se localiza a média de idade dos respondentes está toda inserida num contexto de superutilização do ambiente virtual. Isto se faz notar em suas respostas espontâneas às questões subjetivas componentes do teste aplicado. É significativo que eles tendem a sentir que suas necessidades, no que diz respeito à visualização espacial, podem ser supridas pelos recursos da informática.

Tão mais grave isto se tornará se além dos alunos, também os professores se fiarem nesta mesma hipótese.

O autor crê – fundamentado pela presente pesquisa - que desprezar a apreensão dos sólidos no âmbito do real, bem como a prática do desenho manual, comprometerá o desenvolvimento das habilidades táteis, espaciais e motoras. E perpetuar esta atrofia da compreensão espacial da realidade, acarretará, necessariamente, conseqüências limitantes na vida profissional do aluno. E é precisamente esta, a questão primordial deste trabalho.

Torna-se então, fundamental notar que, em suas próprias respostas, no que tange a experiência proposta com os Sólidos Dinâmicos, os alunos apontam uma mudança de percepção positiva, prática, funcional e objetiva.

E isto fica claro na leitura dos dados aqui compilados:

#### TURMA A

Dos 12 alunos da turma A, 5 responderam as perguntas da fase 2.

100% acham que os Sólidos Dinâmicos ajudam a visualização e solução dos problemas.

60% acham que a utilização de sólidos tornam a aula mais dinâmica.

20% não notam diferença entre sólidos virtuais e reais.

80% acham que os Sólidos Dinâmicos são mais práticos que os virtuais.

#### TURMA B

Dos 37 alunos da turma B, 14 responderam as perguntas da fase 2.

100% acham que os Sólidos Dinâmicos ajudam a visualização e solução dos problemas.

Aproximadamente 35,7% relataram que os Sólidos Dinâmicos mais práticos que os virtuais.

Aproximadamente 21,4% sentem dificuldade no entendimento de sólidos virtuais.

Aproximadamente 42,8% mencionaram que os Sólidos Dinâmicos e virtuais devem ser utilizados conjuntamente.

Aproximadamente 42,8% relataram que o auxílio dos Sólidos Dinâmicos devem ser utilizados no início da matéria.

TURMA C: Na turma C não foi aplicada a segunda fase da pesquisa.

#### TURMA D

Dos 2 alunos da turma D, todos responderam as perguntas da fase 2.

100% acham que os Sólidos Dinâmicos ajudam a visualização e solução dos problemas.

50% acham o contato manual com os Sólidos Dinâmicos mais eficiente que o virtual.

50% acham que a utilização dos sólidos virtuais oferecem mais recursos.

#### TURMA E

Dos 26 alunos da turma E, 19 responderam as perguntas da fase 2.

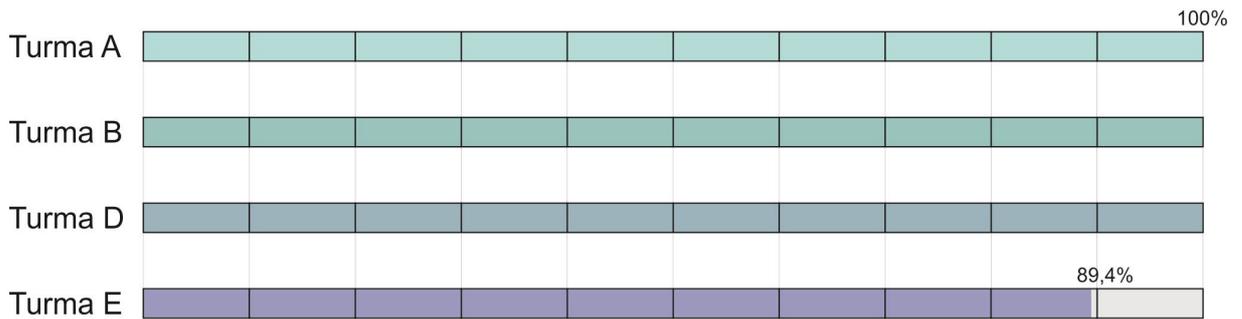
Aproximadamente 89,4% relataram que os Sólidos Dinâmicos ajudam na visualização e solução dos problemas.

Aproximadamente 5,2% acharam os sólidos virtuais mais práticos que os dinâmicos.

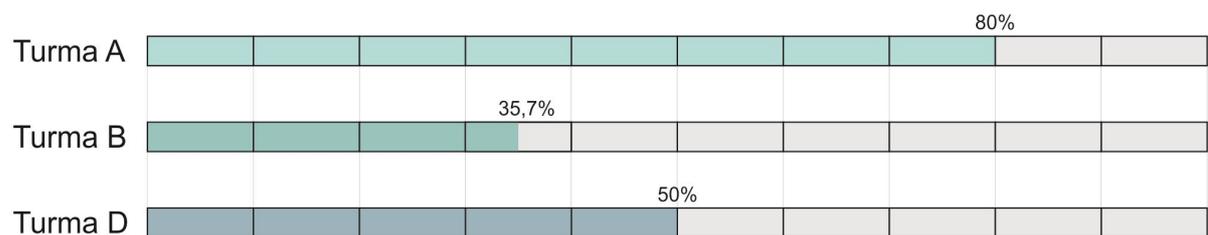
Aproximadamente 31,5% sugeriram que os sólidos dinâmicos e virtuais devem ser utilizados conjuntamente.

Aproximadamente 63,1% indicaram que a interação com os Sólidos Dinâmicos facilitam a compreensão da forma.

Aproximadamente 94,7% dos alunos respondentes afirmaram que “os Sólidos Dinâmicos ajudam a visualização e solução dos problemas”.



**Porcentagem dos alunos que acham que os Sólidos Dinâmicos ajudam a visualização e solução do problema.**



**Porcentagem dos alunos que acham que os Sólidos Dinâmicos são mais práticos que os virtuais.**

**Figura 22:** Gráficos com tabulação das respostas dos alunos

**Fonte:** arquivo do autor

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao longo do item 3.1 desta dissertação, viu-se que muitos professores responsáveis por disciplinas de geometria descritiva, se vêem diante de um grande desafio ao perceberem que seus alunos não conseguem absorver seus conteúdos, em razão de revelarem dificuldades que ultrapassam, em muito, os limites da própria disciplina, situando-se num déficit cognitivo não raro anterior à própria vida escolar, quer nos níveis iniciais e médios, ou quer, até mesmo em um curso superior: a dificuldade de abstração espacial indispensável a qualquer reflexão, projeção, e realização de atividades que ao desenho se refiram.

No que concerne ao autor, esta constatação resultou na construção, teste e proposta de um instrumento que pudesse contribuir para contornar, ou ao menos reduzir validamente, aquela frustrante deficiência. Este processo esteve descrito ao longo de alguns itens: o 4.1 tratou da concepção dos Sólidos Dinâmicos. E o capítulo 5 ocupou-se de relatar sua construção, aplicação e teste.

Esta dissertação de mestrado é, portanto, a síntese, tanto daquele desafio, quanto do processo de pesquisa, concepção e desenvolvimento de um dispositivo didático para o ensino da disciplina de Desenho Geométrico, culminando por demonstrar-se, esse instrumento, como válido e útil para potencializar o raciocínio e promover o desenvolvimento e refinamento do pensamento abstrato, num universo didático que demanda sempre a sincronização com os estímulos da moderna tecnologia de informação e computação. É com base da análise dos dados obtidos com os testes, agrupados no item 5.3, que se afirma esta validade.

É preciso que se diga que trata-se de um dispositivo criado para apoiar os professores diante da grande lacuna cognitiva que se verifica nos alunos, e que, portanto, a eficácia de tal mecanismo depende quase que exclusivamente do empenho e criatividade dos docentes em sua aplicação.

Como se pôde ver no primeiro capítulo, onde se expôs o arcabouço teórico deste trabalho, autores como Piaget, Griffin e Gerber, e ainda Gardner, relatam o os campos cognitivos em que se inserem a Inteligência Espacial e a Modalidade Tátil, e as consequências para o indivíduo, quando há falhas na consolidação destes campos, com consequências especialmente desastrosas

para aqueles que se propõem a carreiras que requerem capacidades abstrativas e de visualização espacial, como a Arquitetura. E no mesmo capítulo, através de Montessori, encontramos os argumentos para afirmar que cabe ao professor a condução de seus alunos por estratégias que lhes auxiliem a estar aptos ao desenvolvimento destas capacidades. Se direcionados corretamente os Sólidos Dinâmicos se propõem a ser como “gatilhos”, no sentido de despertar a habilidade cognitiva da visão espacial daqueles estudantes que tem esta faculdade atrofiada. Deste modo, deve ser a sua utilização bastante pontual. São como as rodas extras de uma bicicleta que devem apenas auxiliar um momento específico de aprendizagem e obtenção de uma habilidade.

Cabe ainda notar que, se os Sólidos Dinâmicos auxiliam no preenchimento desta lacuna cognitiva, já despontam novas ferramentas que virão a potencializar a compreensão da forma, como por exemplo, a realidade virtual. Isto já se exemplificou no item 4.3.3.

A realidade virtual amplia e potencializa os Sólidos Dinâmicos, sendo estratégias complementares. Imagine-se um ambiente criado pelo professor, onde cada aluno poderá imergir, interagir com os entes geométricos e ter a possibilidade de aprofundar seus sentidos, de acordo com suas necessidades específicas de compreensão, alavancando com a visão, suas capacidades visio-espaciais.

A realidade virtual, no entanto, não tende a suplantarmos mecanismos como os Sólidos Dinâmicos, do mesmo modo como nem estes e nem os recursos da computação gráfica tornaram obsoletos como instrumentos didáticos no ensino da Geometria Descritiva, esquadros, lápis e papel. Todas estas estratégias devem se somar no esforço de auxiliar o desenvolvimento da Inteligência Espacial, e a gênese de Arquitetos cada vez mais aptos a seus ofícios.

Propõe-se, em resumo, um instrumento didático que utiliza a construção e manipulação de Sólidos Dinâmicos nas disciplinas de Geometria Descritiva ministradas às classes de Arquitetura e Urbanismo, com a finalidade de ampliar as habilidades cognitivas dos alunos para capacitá-los à faculdade da abstração espacial, intrínseca ao seu campo de trabalho.

A pesquisa realizada e aqui exposta ratificou, por um lado, a preocupação que motivou a criação da ferramenta didática, tanto quanto seu valor para as finalidades propostas.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASHIHARA, Y.; **El diseño de espacios exteriores**. Barcelona, Editorial Gustavo Gili, 1981. 146p.

ALVES-MAZZOTTI, A. J.; GEWANDSZNAJDER, F. **O método nas ciências naturais e sociais: pesquisa quantitativa e qualitativa**. 2 ed. São Paulo: Pioneira, 1999.

BARRAGA, N. **Visual Handicaps and Learning: A Developmental Approach**. Wadsworth Publishing Company, 1976.

BIENBENGUT, M. S.; HEIN, N. **Modelagem matemática no ensino**, 2ª edição, Editora Contexto, 2002.

BUENO, L. C. **A Utilização de sólidos dinâmicos no ensino de Geometria Projetiva**. Monografia de Pós Graduação “Lato sensu” – Escola de Belas Artes, Centro de Letras e Artes, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2009.

BUERY, C.C.; BUENO, L.C.; MARTINS, M.; DIAS, M.A. **EDUCAÇÃO DO OLHAR: A REPRESENTAÇÃO DA FORMA ARQUITETÔNICA NA GEOMETRIA DESCRITIVA**. Anais do Graphica 2011

Caderno Didático; **Introdução ao Estudo da Forma Arquitetônica**. Departamento de Análise e Representação da Forma, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2009.

CARVALHO, S.F.G. **A visão espacial: aptidão ou processo de aprendizagem**. In: Simpósio Nacional de Geometria e Desenho Técnico, p. 74-92, Recife, 1994. Anais. Recife, ETEFE, 1994.

CORAZZA, S.M. **MANIFESTO POR UMA “DIDA-LÉ-TICA”**. Contexto & Educação. Universidade de Ijuí/RS, ano 6, nº22, abr/jun, 1991, p. 83-99

COSTA, M.S.P. **Maria Montessori e seu método**. Revista de Educação da UnB, Brasília, v.07, n.13, p.305-320, jul/dez, 2001. Disponível em <http://seer.bce.unb.br/index.php/linhascriticas/article/viewFile/6544/5274> Acesso em 24 nov 2012.

CHING, F.; **Arquitetura: Forma, Espaço e Ordem**. Martins Fontes Editora, São Paulo 1998.

DIAS, M.A. **Geometria Descritiva nas faculdades de arquitetura: Uma questão de ensino?** 1983. 98 f. Dissertação (Mestrado em Educação), Centro de Filosofia e Ciências Humanas, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 1983.

GANI, D.C. **As Lições de Gaspard Monge e o Ensino Subseqüente da Geometria Descritiva**. 2004. 155 f. Dissertação (Mestrado em História das Ciências e das Técnicas de Epistemologia), Programas de Pós-Graduação de Engenharia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2004.

GARDNER, H. **Estruturas da mente: A teoria das inteligências múltiplas**. Porto Alegre, Artmed, 1994.

GARDNER, H. **A nova ciência da mente: Uma história da revolução cognitiva**. São Paulo, EDUSP, 1995.

GRIFIN, H.C.; GERBER, P.J.; **Desenvolvimento Tátil e suas Implicações na Educação de Crianças Cegas**. Departamento de Educação Especial da Universidade de New Orleans, 1996. Tradução de Ilza Viegas. Disponível em <http://www.ibc.gov.br/?itemid=101> Acesso em: 23 set. 2013 .

GRAVINA, M.A. (1996) **Geometria Dinâmica: Uma Nova Abordagem para o aprendizado da Geometria**. In: VII SBIE – Simpósio Brasileiro de Informática na educação, Belo Horizonte (MG), pp. 1-13.

LEFEVRE, F.; LEFEVRE A.M.C.; TEIXEIRA, J.J.V.. **O Discurso do Sujeito Coletivo. Uma nova abordagem metodológica em pesquisa qualitativa**. Caxias do Sul; EDUCS, 2000.

LEFEVRE, F.; LEFEVRE, A.M.C.. **O Discurso do Sujeito Coletivo. Um novo enfoque em pesquisa qualitativa**. Desdobramentos. Caxias do Sul, EDUCS, 2003.

LIMA, A.J.R.; CUNHA, G.C.;HAGUENAUER. C.J. **Realidade Aumentada Aplicada ao Ensino de Geometria Descritiva**. Revista Realidade Virtual. Escola de Belas Artes – EBA/UFRJ e Laboratório de Pesquisas em Tecnologias da Informação e da Comunicação – Universidade Federal do Rio de Janeiro – 2007

MONTESSORI, M. **El Método de la Pedagogia Científica**. Barcelona: Araluce, 1937.

PIAGET, J. **A linguagem e o pensamento da criança**. Rio de Janeiro: Fundo de Cultura, 1981.

PIAGET, J. **Seis estudos de psicologia**. Trad. Maria Alice Magalhães D’Amorim e Paulo Sergio Lima Silva. 21. ed., Rio de Janeiro: Forense Universitária, 1995.

RASMUSSEN, S.E.; **Arquitetura Vivenciada**. São Paulo: Martins Editora, 2002.

RHEINGANTZ, P.A. ; PINHEIRO, E. **CASA DOS SONHOS: O PRAZER E O DESEJO INCORPORADOS AO ENSINO DE PROJETO DE ARQUITETURA**. Rio de Janeiro: IAB, 2003.

SCHON, D.A. **Educando o profissional Reflexivo: Um novo design para o ensino e a aprendizagem**. Porto Alegre, Artmed, 2000.

SANTOS, E.T. **Um applet para o ensino de Geometria Descritiva na Internet**. Escola Politécnica da USP / PCC. Anais XXVII COBENGE, p. 2519-2526, Natal-RN, 1999.

SEABRA, R. D.; SANTOS, E. T. **GD@RV: UMA FERRAMENTA EM REALIDADE VIRTUAL PARA O ENSINO DE GEOMETRIA DESCRITIVA** – Anais do GRAPHICA, 2009.

SENNETT, R.; **O Artífice**. Rio de Janeiro e São Paulo, 2ª edição, Editora Record, 2009.

TUAN, Y.; **Espaço e lugar**: A perspectiva da experiência. São Paulo: Difel, 1983.

VELASCO, A. D. **Avaliação da Aptidão Espacial em Estudantes de Engenharia como Instrumento de Diagnóstico do Desempenho em Desenho Técnico**. 2002. 171f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Departamento de Engenharia de Construção Civil, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2002.

## ANEXOS

## **ANEXO 01: EMENTA DAS DISCIPLINAS DE GEOMETRIA DESCRITIVA ATÉ 1989.**

### **FAR 102 – INTRODUÇÃO À GEOMETRIA DESCRITIVA**

Sistemas de projeções. Ponto. Coordenadas. Reta. Projeções. Pontos notáveis. Posições relativas de duas retas. Posições especiais. Plano: representação, pertinência de reta e plano. Interseção. Retas e planos: posições relativas; interseção. Métodos: mudança de plano; rotação; rebatimento. Problemas métricos: distâncias, ângulos.

### **FAR 113 – GEOMETRIA DESCRITIVA I**

Importância do método de Monge na Arquitetura. Poligonais poliédricas como introdução ao estudo das curvas: circunferência, hélices cilíndricas genérica e normal. Geração e representação das superfícies geométricas. Planos tangentes. Projeções cotadas.

### **FAR 123 – GEOMETRIA DESCRITIVA II**

Superfícies geométricas. Superfícies retilíneas: desenvolvíveis. Superfícies circulares: de revolução e de circunvolução. Geradas por elipse, parábola e hipérbole. Seções, interseções. Aplicação das superfícies geométricas em outras disciplinas e no campo profissional. Estudo de algumas aplicações já realizadas.

## ANEXO 02: EMENTA ATUAL DA DISCIPLINA GEOMETRIA DESCRITIVA 1

Representação

1

### GEOMETRIA DESCRITIVA I - GD I – FAR 116

#### Ementa

Introdução à geometria descritiva e seus elementos. Ponto, reta e plano, figuras, posições relativas, interseções, métodos descritivos. Sólidos com referências arquitetônicas.

#### Objetivos

Inicializar o aluno na área da representação grafo-técnica e desenvolver sua capacidade de abstração, visão espacial e raciocínio lógico. Ao término do período o aluno deverá ser capaz de reproduzir e resolver, em linguagem plana, a duas dimensões, os problemas tridimensionais relativos a ponto, reta, plano, superfícies poliédricas e poliedros em geral.

#### Metodologia de trabalho didático

As aulas são teórico-práticas ou práticas. A teoria é apresentada no quadro com o uso de giz em cores e com a apresentação de modelos. O aluno deve resolver os problemas propostos em folhas de exercícios com o acompanhamento do professor, que também os resolve no quadro. Algumas folhas de exercícios são destinadas a trabalho extra-classe. Durante todo o curso os alunos são incentivados pelo professor a procurar resolver os problemas propostos em cadernos de exercícios e coletâneas de provas de períodos anteriores.

#### Formas de avaliação

O desempenho dos alunos é avaliado através de provas práticas, das folhas de exercícios aplicadas durante o curso e da freqüência às aulas. Em uma 1ª avaliação, são consideradas 4 notas que, individualmente, compõem-se de: da média dos conceitos obtidos nas folhas de exercícios resolvidas imediatamente antes de cada prova e do grau obtido em cada uma das 3 provas, tendo a 4ª nota peso 2. É considerado aprovado o aluno que, contando com o mínimo de 75% de freqüência às aulas dadas no período, obtém média igual ou superior a 7. Os alunos com presença suficiente mas média inferior à 7 são submetidos a uma 5ª prova, sendo nesta 2ª avaliação consideradas a média aritmética entre a média das 3 maiores notas do período que recebe peso 2 e a nota da 5ª prova que recebe peso 3, é considerado aprovado o aluno com média igual ou superior a 5.

#### Bibliografia básica

PRINCIPE JUNIOR, A.R. *Noções de geometria descritiva*. São Paulo: Nobel, 1969.  
PINHEIRO, Virgílio A. *Noções de geometria descritiva*. Rio de Janeiro: Ao Livro Técnico, 1965.  
RODRIGUES, A. J. *Geometria descritiva*. Rio de Janeiro: Ao Livro Técnico, 1962.  
LACCOURT, Helena. *Noções e fundamentos de geometria descritiva*. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1995.  
FERNANDEZ, Angel Taibo. *Tratado de geometria descritiva*. Buenos Aires: Libreria y Editorial El Ateneo, 1947.  
ROUBAUDI, C. *Traité de géométrie descriptive*. Paris: Masson et Cie., 1948.  
ASENSI, I. F. *Geometria descritiva superior y aplicada*. Madrid: Dossat, 1975.

#### Observações

Disciplina obrigatória.  
Pré-requisitos: nenhum.  
Co-requisitos: nenhum.  
Organização: 3 (três) aulas semanais de 2 (duas) horas-aula cada.

#### Carga Horária

Teoria 30

Prática 60

Total 90

#### Nº de Turmas

8 x 30 alunos

## ANEXO 03: EMENTA ATUAL DA DISCIPLINA GEOMETRIA DESCRITIVA 2

Representação

2

### GEOMETRIA DESCRITIVA II - GD II – FAR 126

#### Ementa

Problemas métricos, representação de poliedros e superfícies geométricas (desenvolvíveis e revessas), seções e interseções em geral. Aplicações práticas em arquitetura.

#### Objetivos

Ao término do período, o aluno deverá estar apto a aplicar esses conhecimentos na criação da forma arquitetônica e na resolução dos problemas relacionados a projetos de arquitetura, acadêmica e profissionalmente.

#### Metodologia de trabalho didático

As aulas são teórico-práticas, práticas e expositivas. A teoria é apresentada no quadro com o uso de giz em cores e com a apresentação de modelos. Na parte prática, o aluno deve resolver os problemas propostos em folhas de exercícios com o acompanhamento do professor, que também os resolve no quadro. Algumas folhas de exercícios são destinadas a trabalho extra-classe. A parte expositiva consiste na apresentação e análise de imagens (projeção *powerpoint*) de projetos executados de arquitetura onde foram aplicados os poliedros e superfícies apresentados no curso, assim como suas interseções. Material suplementar é ainda disponibilizado no *site* da disciplina, como apostilas, exercícios, gabaritos e modelos digitais em 3D.

#### Formas de avaliação

O desempenho dos alunos é avaliado através de provas práticas aplicadas durante o curso e da frequência às aulas. Em uma primeira avaliação são consideradas as 3 primeiras provas do curso, sendo calculada a média aritmética das notas correspondentes; o aluno é aprovado com média igual ou superior a 7 (sete) e o mínimo de 75% de frequência às aulas dadas. Os alunos não aprovados na primeira avaliação são submetidos a uma 4ª prova. Neste caso, é calculada a média ponderada entre as três maiores notas das quatro primeiras provas realizadas, sendo a elas atribuídas peso 1, e à 4ª nota peso 2. É aprovado nessa segunda avaliação o aluno que apresenta média igual ou superior a 5 (cinco) e frequência mínima a 75% das aulas dadas no período.

#### Bibliografia básica

PINHEIRO, Virgílio A. *Noções de Geometria Descritiva - Volumes I, II e III*. Rio de Janeiro: Ao Livro Técnico, 1965.  
RODRIGUES, Alvaro J. *Geometria Descritiva - Volumes I e II*. Rio de Janeiro: Ao Livro Técnico S/A - 1962  
FERNANDEZ, Angel T. *Tratado de Geometria Descritiva*. Librería; Editorial El Ateneo, 1947.  
ROUBAUDI, C. *Traité de Géométrie Descriptive*. Paris: Maison et Cie. Ed., 1948.  
ASENSI, F. *Geometria Descritiva Superior y Aplicada*. Madrid: Dossat, 1975.  
FATORELLI, N., MARCONI, R e PEREIRA, M. *Geometria Descritiva II*. Site da disciplina: [www.fau.ufrj.br/gd](http://www.fau.ufrj.br/gd), 2006.

#### Observações

Disciplina obrigatória  
Pré-requisitos: Geometria Descritiva I.  
Organização: 3 (três) aulas semanais de 2 (duas) horas-aula cada.

#### Carga Horária

Teoria 30

Prática 60

Total 90

#### Nº de Turmas

6 x 30 alunos

## ANEXO 04: EMENTA ATUAL DA DISCIPLINA GEOMETRIA DESCRITIVA APLICADA À ARQUITETURA

### GEOMETRIA DESCRITIVA APLICADA À ARQUITETURA – FAR 611

#### Ementa

Estudo detalhado das formas geométricas e sua aplicação nos elementos arquitetônicos. Coberturas, circulações e estruturas auto-sustentáveis.

Planificações e obtenção de vistas diversas.

#### Objetivos (300 caracteres)

Estimular o emprego dos conhecimentos adquiridos pelo aluno em **GD I e GD II**, na solução de problemas envolvendo elementos arquitetônicos e/ou composições arquitetônicas.

#### Metodologia de trabalho didático (300 caracteres)

Ao longo do curso, serão sugeridos problemas envolvendo elementos arquitetônicos e/ou composições arquitetônicas, através de trabalhos individuais ou em grupos, dependendo da complexidade dos temas propostos, que deverão ser resolvidos em *épura* e com a elaboração de modelos tridimensionais. Como apoio ao desenvolvimento dos trabalhos, serão utilizados o quadro negro com giz em cores e projeções de slides, retroprojetor, ou projeções digitais, relativos aos temas focalizados.

#### Formas de avaliação

Será apurada a frequência do aluno às aulas, com sua efetiva participação nos trabalhos desenvolvidos e, sendo atribuída nota, de 0,0(zero) a 10,0(dez), ao último trabalho executado em cada mês de aulas, no total de quatro notas ; estará aprovado o aluno que, contando com 75% ou mais de frequência às aulas, apresentar média aritmética das notas obtidas igual ou superior a 5,0(cinco).

#### Bibliografia básica

- ASENSI, F. *Geometria descriptiva superior y aplicada* - Editorial Dossat - Madrid, 1975;  
ENGEL, H. *Sistemas estruturais* - Hemus Editora Ltda. S.P. - 1981;  
RANGEL, Alceu Pinheiro. *Desenho projetivo: projeções cotadas*. Livros Técnicos e Científicos, 1975;  
MACHADO, A. *Desenho na engenharia e arquitetura*. S.P. 1980;  
MONTENEGRO G. *Ventilação e cobertas*. Editora Edgard Blucher Ltda - S.P. 1984.  
SA, R. *Edros*. Projeto Editora Associados Ltda. S.P.

#### Carga Horár

Teori	15
a	_____
Prátic	45
a	_____
Total	60

## ANEXO 05: QUESTIONÁRIO APLICADO AOS ALUNOS

Rio de Janeiro, .... de ..... de 2011

Caro aluno de Geometria Descritiva I da FAU-UFRJ, estou interessado em avaliar as possíveis contribuições do manuseio de sólidos dinamicamente manipuláveis no aprendizado de Geometria Descritiva. Conto com sua colaboração para responder a algumas perguntas.

Obrigado,  
Leonardo Bueno.

Período: \_\_\_\_\_. Idade: \_\_\_\_\_.

1- Em quais séries do ensino fundamental (EF) e/ou ensino médio (EM) você teve contato com disciplinas relacionadas ao Desenho Geométrico?

Resposta:

( ) 6º ano -EF ( ) 7º ano-EF ( ) 8º ano-EF ( ) 9º ano-EF

( ) 1º ano-EM ( ) 2º ano –EM ( ) 3º ano-EM

( ) Não houve contato ( ) Outras séries: \_\_\_\_\_

2 - Se você assinalou uma ou mais séries na pergunta acima, diga os nomes das disciplinas:

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

3 – Ao ter contato com os sólidos dinâmicos, esses objetos foram capazes de auxiliar na sua aprendizagem? Descreva resumidamente que proveito você teve ao manipulá-los:

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

4 - Os sólidos dinâmicos, em sua opinião, podem ser substituídos por objetos virtuais modelados em softwares de computação gráfica sem prejuízo na aprendizagem de Geometria Descritiva? Justifique sua resposta:

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

## ANEXO 06: CRONOGRAMA DE AULAS – GD1- 2011/02

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO  
FACULDADE DE ARQUITETURA E URBANISMO  
DARF – Departamento de Análise e Representação da Forma

GEOMETRIA DESCRITIVA 1

2011/2

Professora - Maria Angela Dias

E-mail: [magedias@fau.ufrj.br](mailto:magedias@fau.ufrj.br)

Colaboração: Professor Leonardo Bueno estágio  
supervisionado – mestrado  
PROARQ

E-mail: [leobuenodg@gmail.com](mailto:leobuenodg@gmail.com)

Monitores: Layo César Figueiredo  
Laurinha Guimaraes

E-mail: [layocesar@gmail.com](mailto:layocesar@gmail.com)  
[lmguinha@hotmail.com](mailto:lmguinha@hotmail.com)

### PLANO DE CURSO

mês	nº aula	dia semana	dia mês	Assunto	EX
AGOSTO	01	terça	09	Apresentação do Plano de Curso. Critérios de avaliação e bibliografia; uso dos instrumentos de desenho; conceito de ponto, reta e plano; mediatriz e bissetriz; construção de figuras planas e divisão da circunferência em partes iguais	Folhas 01 a 21
	02	sexta	12	Projeções Ortogonais. Poliedro (prisma reto); representação dos poliedros pelo método das projeções ortogonais (Gaspar Monge); projeção sobre um plano horizontal e sobre um vertical; identidade da projeção de um poliedro; representação do prisma reto em épura; o estudo das coordenadas dos vértices (pontos) nos 4 diedros; pontos simétricos; pontos notáveis (cota nula e afastamento nulo); ponto pertencente à LT; Critérios de Visibilidade;	
	03	terça	16	Definição e representação de segmento de reta por dois pontos; Definição de uma reta no espaço por seus planos projetantes; aplicação ao estudo das arestas, diagonais da face e diagonais do prisma modelo; Verdadeira Grandeza - VG.	
	04	sexta	19	Classificação das retas em relação aos planos $\pi$ e $\pi'$ , aplicação ao estudo das posições das arestas do prisma modelo; Pontos notáveis da reta suporte de um segmento de reta: traço (H) e traço (V); ponto médio, proporcionalidade; aplicação às arestas dos sólidos.	
	05	terça	23	Posições relativas entre duas retas: - retas paralelas, concorrentes (perpendiculares) e reversas (ortogonais); projetividade do ângulo reto. Aplicação às arestas e diagonais dos sólidos (prisma, pirâmide e poliedros regulares)	
	06	sexta	26	Definição do plano por duas retas: paralelas ou retas concorrentes; definição do plano pelos traços; aplicação às bases e faces dos sólidos; Prisma (reto ou oblíquo), hexaedro; com base sobre plano perpendicular ao ( $\pi$ ) e/ou ( $\pi'$ ); Representação do prisma por suas arestas.	
	07	terça	30	Pirâmide (reta/regular ou oblíqua), tetraedro; observar perpendicularismo e ortogonalidade das arestas e faces (critérios de visibilidade)	
SETEMBRO	08	sexta	02	Planos projetantes e não projetantes; Posição de cada plano no espaço e na épura; propriedades; retas pertencentes a cada plano; retas de máximo declive e máxima inclinação;	
	09	terça	06	Definição de uma superfície plana (polígono) num plano projetante e num planos não projetante - Aplicação aos planos das bases e faces dos sólidos.	

	10	sexta	09	MUDANÇA de um dos planos de referência para ver o sólido (prisma ou pirâmide) de outro ângulo (critérios de visibilidade)	Folhas 25 a 27
	11	terça	13	MUDANÇA de um dos planos de referência para ver o sólido (prisma ou pirâmide) de outro ângulo; (critérios de visibilidade)	
	12	sexta	16	MUDANÇA de plano - Aplicação das retas principais de um plano	Folha 28
		terça	20	<b>PROVA 1</b>	
	13 14	sexta terça	23 27	Aplicação das retas de máximo declive [reta que mede o ângulo que o plano faz com ( $\pi$ )] e maior inclinação [reta que mede o ângulo que o plano faz com ( $\pi'$ )] na definição do plano da base ou da face de um sólido	Folhas 22 a 24
	15	sexta	30	Paralelismo entre reta e plano e entre planos. Perpendicularismo entre reta e plano; plano mediador de um segmento; perpendicularismo dois planos	Folhas 29 e 30
<b>OUTUBRO</b>	16	terça	04	Aplicação de perpendicularismo entre reta e plano na determinação do plano perpendicular à aresta dada	
	18	terça	07	ROTAÇÃO: Aplicação do método descritivo para determinação da VG de segmentos e ângulos	Folhas 31 a 34 <sub>a</sub>
	19	sexta	11	Planificação da pirâmide oblíqua	
	20 21	terça sexta	18 21	ROTAÇÃO: Aplicação do método descritivo para determinação da VG de figuras planas em planos projetantes	Folhas 35 a 37
		sexta	25	PROVA 2 – GRAPHICA 2011	
	22	terça	28	Interseção de planos de planos (aplicação aos exercícios de poliedro)	Folhas 38 a 39
<b>NOVEMBRO</b>	23 24	sexta sexta	01 04	REBATIMENTO E ALÇAMENTO: aplicação do método descritivo aos planos projetantes : determinação da VG de figuras planas Porção útil do 1º diedro no rebatimento	Folhas 40 a 41
	25	terça	08	REBATIMENTO E ALÇAMENTO: aplicação do método descritivo rebatimento aos planos não projetantes: VG de figuras planas	Folhas 42 a 45
	26	sexta	11	REBATIMENTO E ALÇAMENTO: outros exemplos	
	27	sexta	18	SIGRADI 2011 -	
	29	sexta	22	REBATIMENTO E ALÇAMENTO: outros exemplos	
	30	terça	25	Aplicação da interseção entre reta e plano na determinação da seção plana nos prismas, pirâmides e poliedros regulares; Determinação dos pontos de entrada e saída de uma reta num poliedro.	Folhas 46 a 53
		sexta	02	PROVA 3	
	31	terça	06	Resultado parcial e revisão da matéria	
	sexta	09	PROVA 4		