

## O ENSINO DE GEOMETRIA DESCRITIVA EM ESCOLAS DE ARQUITETURA BRASILEIRAS E AS FERRAMENTAS CAD

Raphael Marconi<sup>1</sup>

Maria Angela Dias<sup>2</sup>

### Resumo

A geometria descritiva em escolas de Arquitetura brasileiras configura-se tradicionalmente como disciplina que fundamenta os processos de se conceber e representar a forma arquitetônica. Nos últimos anos houve o surgimento de ferramentas digitais CAD e com estas há uma dinâmica de transformação nestes processos. Este artigo identifica a característica de modelagem tridimensional de algumas destas ferramentas CAD como principal indutora desta dinâmica por poder alterar o processo tradicional de projeto intermediado por projeções bidimensionais conjugadas (planta-vista) tão afeito à geometria descritiva. Explora possíveis interferências que estas mudanças poderiam inferir no ensino da geometria descritiva sem que esta disciplina deixe de cumprir o seu papel de fundamentar com conceitos geométricos as ferramentas de concepção e representação da forma. Por fim: aponta diretrizes a investigações futuras que sirvam de base a reformulações no ensino da geometria descritiva que além de considerar esta dinâmica e atender aos objetivos da disciplina: que se atenham a operar dentro de seu campo disciplinar.

**Palavras-chave:** geometria descritiva; ferramentas CAD; ensino de arquitetura.

### Abstract

Descriptive Geometry, as taught in Brazilian Schools of Architecture, is the academic discipline which provides the basis for the process of conceiving and representing architectural form. Recent years have witnessed the emergence of digital CAD tools, leading to a dynamic transformation of conception/representation processes. This paper focuses on the role in this dynamic transformation of the three-dimensional modeling used in many CAD tools. Three-dimensional modeling has the potential to significantly alter traditional design processes, which rely heavily on two-dimensional projection (plan-view). The author explores the possible impact of these changes on academic descriptive geometry whilst emphasizing the continuing role of this discipline as the cornerstone of the teaching of geometric concepts and the representation of form. The author concludes by suggesting guidelines for possible reformulation of the teaching of descriptive geometry and outlining further potential lines of investigation to be pursued in order to facilitate the adaptation of the discipline to the new dynamics whilst ensuring that it continues to perform its core functions within its prescribed academic scope.

**Keywords:** descriptive geometry; CAD software; architectural education.

---

<sup>1</sup>Doutorando em Arquitetura (PROARQ/ FAU/UFRJ), docente da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo - Universidade Federal do Rio de Janeiro - raphaelmarconi@ufrj.br

<sup>2</sup>Professora Doutora da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo - Universidade Federal do Rio de Janeiro – magedias@gmail.com

## 1. Introdução

O crescente uso das ferramentas digitais CAD como ferramenta de concepção e representação da forma arquitetônica nos remete à busca por novas estruturas educacionais que demandam uma redefinição das bases teóricas e das metodologias de ensino nos cursos de Arquitetura. Nestes cursos pode-se observar em algumas disciplinas de representação da forma que as ferramentas manuais tradicionais e as digitais se configuram como técnicas ou ferramentas ensinadas às vezes separadamente, e esta última nem sempre relacionada à geometria descritiva.

A geometria descritiva se faz presente nos ciclos de fundamentação de muitos cursos de arquitetura no Brasil (RÊGO, 2011). Nestes cursos, tradicionalmente, se configura como disciplina de fundamentação à representação da forma arquitetônica, e quando tem caráter prático costuma dialogar com maior proximidade com as ferramentas tradicionais de representação ao fornecer conceitos geométricos à operação das mesmas. Dada a difusão relativamente recente das ferramentas digitais demanda-se por estudos que busquem nestas últimas uma identificação maior com a geometria descritiva.

Gani (2004) aponta o caráter excessivamente abstrato dos cursos de geometria descritiva e o seu distanciamento das características práticas ferramentais preconizadas por Monge (1798), (1811), (1820) à época da constituição do campo disciplinar da geometria descritiva. A abstração excessiva poderia mesmo contribuir para que o aluno de arquitetura tivesse dificuldade em transpor os conceitos geométricos da disciplina para as ferramentas de concepção e representação da forma.

Ao profissional de arquitetura não bastaria operar as ferramentas digitais alheia a uma fundamentação geométrica, pois isso limitaria a aplicação das diversas potencialidades das mesmas. Não seria também desejável se trabalhar com a máxima abstração dos conceitos geométricos alheios às suas aplicações. Busca-se aqui apontar diretrizes de pesquisa que contemplem estes aspectos ao situar o ensino da disciplina geometria descritiva como contributo eficaz à compreensão da forma tridimensional ao aluno de arquitetura, ao mesmo tempo em que prepara este aluno para o uso consciente das ferramentas tanto digitais quanto analógicas nas práticas de concepção e representação do projeto.

## 2. A Dinâmica dos Processos de Concepção e Representação da Forma e o Lugar da Geometria Descritiva

Ao se situar a geometria descritiva em um curso de arquitetura como um aparato de conceitos geométricos que fundamentem processos de representação e de concepção da forma: há que se pensar como a dinâmica destes processos ao longo do tempo possa se relacionar com a disciplina.

A Geometria Descritiva teve seu ensino difundido a partir do século XIX. O método que Gaspard Monge sistematizou em época passa a ser base da representação das formas em diversos campos disciplinares:

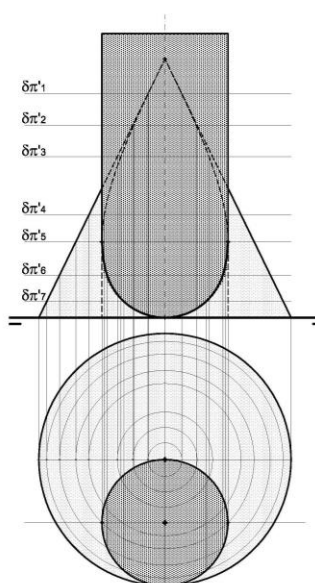
Os sistemas gráficos desenvolvidos até então careciam de precisão, essencial ao processo construtivo, principalmente por não solucionarem a questão das distorções sofridas pelo objeto quando da sua representação por meio de perspectivas ou por desenhos

planificados, já que estas representações não guardavam as relações topológicas e/ou dimensionais. (RÊGO, 2011, p.76)

A adesão ao método criado por Monge muito se deve ao fato desta sistematização em *épura* ir além da representação: é também ferramenta que permite conceber e manipular a forma (ex.: seções, interseções) e permite aferir grandezas. Seu uso como ferramenta precisa de representação da forma parece ter sido determinante para seu sucesso num momento em que os meios analógicos careciam de precisão.

As primeiras ferramentas CAD (*Computer Aided Design*) partiam do mesmo princípio da representação da projeção cilíndrico-ortogonal de um objeto em um plano de projeção, mantendo o mesmo processo de representações bidimensionais fundamentados pela geometria descritiva. O desenho bidimensional de um objeto tridimensional anteriormente feito em papel é transposto para a tela de computador. Destaca-se que a lógica de representação da forma se mantém a despeito da introdução da ferramenta computacional. Diriam os projetistas das diversas áreas profissionais: o computador é uma prancheta eletrônica. (RÊGO, 2011 p.84).

**Figura 1: Épura com Resolução de um Problema de Interseção de Cone e Cilindro de Revolução.**



Fonte: [http://www.fau.ufrj.br/gd/exercicios/folhas/gabaritos/gdiix065\\_a4.jpg](http://www.fau.ufrj.br/gd/exercicios/folhas/gabaritos/gdiix065_a4.jpg)-acesso janeiro de 2014

Na Figura 1 promove-se por meio de uma *épura* uma dupla representação bidimensional conjugada das vistas frontal e superior do objeto, nela se processa uma série de artifícios expressos graficamente por traçados que levam à solução do problema proposto (interseção de cone e cilindro), exemplo: seções do objeto por diversos planos que auxiliem a determinar pontos de interseção. Enfim: se aplicam recursos gráficos auxiliares amparados por conceitos geométricos adequados a se resolver o problema. Como produto deste processo tem-se não a modelagem virtual do objeto tridimensional e sim sua dupla projeção bidimensional conjugada.

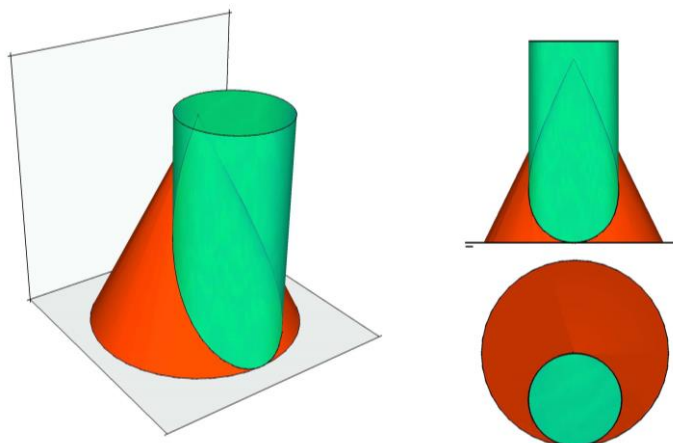
Há como fazer uma analogia com a arquitetura quanto ao processo executado

para se representar a forma e quanto ao produto obtido (exemplo: plantas e vistas).

Outro processo que chega a mesma solução por caminho diferente seria o que constrói ou modela os objetos tridimensionais, mesmo que virtualmente com o auxílio de um software. Na Figura 2, à esquerda: tem-se preliminarmente a construção tridimensional dos objetos (cone e cilindro) e não de suas projeções. Em seguida há como se determinar a interseção entre os objetos usando-se um comando do software e após um clique do mouse a interseção se faz.

Há mesmo até como se obter subprodutos advindos dos objetos modelados tridimensionalmente: vistas frontal e superior dos modelos (o que se vê à direita da Figura 2), subprodutos que remetem à época. No entanto este processo apresenta lógica diversa à da época por não haver a necessária intermediação por dupla projeção bidimensional conjugada, isto seja no momento da concepção, da manipulação (p. e.: ao se promover a interseção) ou da representação da forma.

**Figura 2: À Esquerda Modelo Virtual Tridimensional Executado em Ferramenta CAD; à Direita: a Ferramenta CAD Pode Promover Simulacro de uma Épura ao Mostrar Vista Superior e Frontal dos Objetos.**



Fonte: [http://www.fau.ufrj.br/gd/exercicios/ex065\\_vr\\_a.htm](http://www.fau.ufrj.br/gd/exercicios/ex065_vr_a.htm)-acesso janeiro de 2014

Em analogia com a Arquitetura temos as ferramentas BIM (*Building Information Modeling*), não pela característica dos modelos BIM de trazer alguma informação do objeto real ali representado (como o material com o qual será construído) mas por se caracterizar pela construção virtual do objeto (no caso arquitetônico) tridimensional. Operações sobre este objeto como cortes e simulações de plantas, por obtenção de projeções bidimensionais, partiriam sempre deste modelo tridimensional.

### **3. Mundo Projetual Como Universo dos Processos de Concepção e Representação da Forma**

Todos estes processos de concepção e representação da forma se operam e têm como universo o que Mitchell (2008) define como mundo projetual. Mitchell define este conceito no campo da arquitetura e diferencia-o do mundo arquitetônico: o mundo real, onde existe o edifício. O mundo projetual não pertence ao real e sim ao imaginário, nele há a representação de algo que está por vir a ser real, é o mundo do projeto ou do

modelo do edifício (MITCHELL, 2008, p.52).

Mitchell prossegue afirmando que os arquitetos costumam criar implicitamente mundos projetuais. Por exemplo, ao escolherem usar instrumentos de representação tradicionais (prancheta, esquadros, etc...) eles estabelecem um mundo projetual povoado de símbolos onde retas e arcos remetem a paredes e a outros elementos do mundo arquitetônico (MITCHELL, 2008, p.52). E afirma que quando se utiliza um sistema CAD “...uma estrutura de dados com operações a ela associadas define o mundo projetual.” (MITCHELL, 2008, p.52). O mesmo autor apresenta um grande repertório possível de mundos projetuais: mundo dos pontos, das linhas, dos planos, das superfícies, dos volumes. Nota-se nestes mundos projetuais uma variedade de possibilidades tanto no número de dimensões quanto na notação e representação do mundo real.

Este conceito poderia, por analogia, ser aplicado à Geometria Descritiva onde a *épura* estaria situada do mundo projetual e o objeto ali representado remeteria ao mundo real. Portanto os processos de concepção e representação da forma aqui referidos se inserem no universo do projeto e no mundo projetual e não no mundo real.

### 3.1. Processos de Concepção da Forma

Qualquer pessoa que no mundo projetual conceba ou projete uma forma tridimensional que remeta ao mundo real ou arquitetônico usará processos de concepção. Os casos já relatados neste artigo e ilustrados pelas figuras 1 e 2 podem ser lidos como dois destes processos. Optou-se por definir estes dois processos de projeto ou processos de concepção de objetos (arquitetônicos ou geométricos) como conceitos, e nomeá-los por sigla, que se seguem:

- **PI2D** (ver Figura 1):

O processo de concepção intermediado por representações *bidimensionais* conjugadas, ou PI2D, pertence ao mundo projetual. O produto ao fim deste processo pode ser exemplificado por plantas e vistas conjugadas (arquitetura) e pela *épura* (geometria descritiva).

Os produtos finais remetem a objetos (arquitetônicos ou geométricos) do mundo real. A partir destes produtos, para que haja o completo entendimento do objeto real, há que se fazer uma interpretação elaborada conjugando-se ao menos duas das representações bidimensionais deste objeto, exemplos: planta + vista (arquitetura) ou *épura*, projeção horizontal + projeção vertical (geometria descritiva) (ver figura 3). Em arquitetura fica claro que há que se conjugar ao menos uma planta e uma vista para o entendimento da forma do edifício. A representação em *épura* já traz esta conjugação estabelecida.

Este conceito não abarca todas as representações bidimensionais do objeto: estão excluídas, como exemplo, as representações em perspectiva cônica que, embora sejam representações do mundo projetual, obtidas por processo de projeção bidimensional de um objeto tridimensional, dispensam a necessária interpretação de no mínimo duas projeções conjugadas para que possa eficientemente se remeter à forma do objeto real.

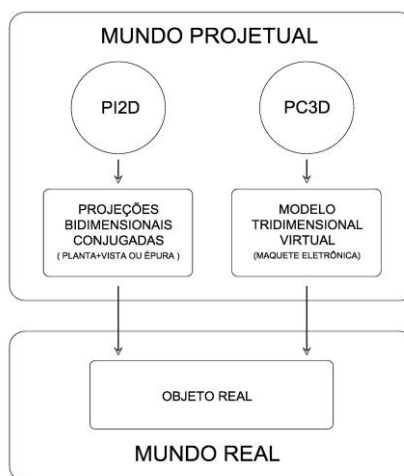
- **PC3D** (ver Figura 2)

O processo de concepção por construção tridimensional de um objeto virtual, ou PC3D, pertence ao mundo projetual. O produto ao fim deste processo pode ser exemplificado por um modelo tridimensional de um edifício construído virtualmente com ferramenta CAD (arquitetura) ou por um modelo geométrico construído virtualmente com a mesma ferramenta digital (geometria descritiva).

Os produtos finais remetem a objetos (arquitetônicos ou geométricos) do mundo real. A partir destes produtos, para que haja o completo entendimento do objeto real, há que se fazer uma interpretação menos elaborada do que a que é feita em PI2D: não é obrigatória a conjugação de projeções bidimensionais para que se compreenda a forma o objeto real. A visualização em tela de computador de um modelo tridimensional virtual é um exemplo disto. (ver figura 3).

Este modelo pode até ser interpretado ao se observar a imagem dele em perspectiva na tela de um computador, mas é antes de tudo uma estrutura de dados (CARPO, 2011), a perspectiva observada em tela seria um subproduto. Alguns softwares permitem que se produzam subprodutos a partir deste modelo virtual: inclusive plantas e cortes, que seriam meios de representação da forma afeitos ao PI2D.

**Figura 3: Esquema-Resumo dos Processos de Projeto e seus Respectivos Produtos Obtidos no Mundo Projetual que por sua Vez Remetem ao Objeto Real**



Fonte: Produção dos autores.

Há a possibilidade de se lidar com a forma por outros processos: a geometria analítica nos oferta superfícies descritas por equações. Carpo (2011) aponta a emergência de ferramentas computacionais que produzem modelos definidos por algoritmos que com a alteração de parâmetros induzem a alterações substanciais na forma. Os dois processos de concepção e representação da forma que acabaram de ser descritos e sintetizados na figura 3 não são os únicos existentes, mas certamente os mais difundidos no campo da Arquitetura brasileira na atualidade.

#### **4. Questões Pertinentes ao Ensino da Geometria Descritiva Face à Dinâmica Atual dos Processos de Concepção e Representação da Forma**

Os processos de concepção e representação da forma (geométrica ou arquitetônica) que

partem de princípios diversos aos que se assemelham à *épura* (PI2D), e que não estabelecem uma relação tão explicitamente direta com a geometria descritiva, podem com esta disciplina dialogar e neste diálogo se suprir de seus conceitos geométricos durante sua execução?

Esta indagação parte do pressuposto que no PI2D a aplicação dos conceitos geométricos da geometria descritiva já se daria pela própria natureza do processo, tão análogo à *épura*. No momento da operação do processo da execução do binômio planta-vista ou de uma *épura*, os conceitos geométricos da geometria descritiva já se aplicam com caráter ferramental em um procedimento que já se consolidou há mais de duzentos anos.

Quando se muda o processo para o PC3D, ou para outro qualquer diverso ao PI2D, a lógica da *épura* de dupla projeção bidimensional conjugada se rompe. Há uma expectativa que alguns dos conceitos geométricos tradicionalmente preconizados e ensinados na geometria descritiva não encontrem nos outros processos o mesmo rebatimento ferramental; ou seja: se o meio de concepção e representação muda se altera também a relação da aplicação dos conceitos geométricos com a ferramenta nas quais estes conceitos se expressam.

Conceitos geométricos como os de projetividade do ângulo reto ou de verdadeira grandeza, tão consagrados em *épura* e tão operados de forma ferramental em PI2D, inclusive quando aplicados ao campo da arquitetura, podem ter sua aplicação modificada quando expostos a PC3D ou a outro processo.

Esta é uma questão recorrente aos educadores da Arquitetura que apostam em um ensino da geometria descritiva que se configure como fundamento da operação de múltiplos processos de se lidar com a forma: entender como os conceitos geométricos da geometria descritiva se manifestam em múltiplos processos além do PI2D.

#### **4.1. Os Conceitos Geométricos do Campo da Geometria Descritiva e suas Manifestações nos Processos de Concepção e Representação da Forma no Mundo Projetual**

Para se analisar como os conceitos geométricos do campo da geometria descritiva se manifestam em diversos processos de projeto (que envolvem concepção e representação da forma) há que se definir e diferenciar alguns conceitos, tais como: conceito geométrico, ferramenta geométrica e ferramenta de desenho.

O campo disciplinar da geometria descritiva contém toda uma gama de conceitos geométricos, alguns deles específicos ao campo disciplinar e outros deles admissíveis a outros campos disciplinares. Para exemplificar alguns destes conceitos podem-se citar: superfícies de revolução, projetividade do ângulo reto, posições especiais e posições relativas dos elementos geométricos. Em um curso de geometria descritiva ministrado em faculdade de Arquitetura estes conceitos geométricos podem ser apresentados em abordagem que pode ir de um extremo teórico a outro extremo instrumental ou ferramental, onde haveria a sua aplicação.

Observe como exemplo apenas o cilindro que aparece nas Figuras 1 e 2, descartando-se o cone e a interseção. O cilindro é um sólido envolvido (fora as bases) por uma superfície de revolução, só aí já se identificam os conceitos geométricos de sólido versus superfície e o de superfície de revolução. Nota-se que na parte inferior da

figura 1 o cilindro aparece representado por uma circunferência. Para se sair do cilindro e se chegar à circunferência conceitos geométricos foram apreendidos e traduzidos para serem utilizados como uma ferramenta geométrica.

A ferramenta geométrica seria diferente da ferramenta de desenho. Em papel podemos traçar a circunferência com um compasso, no software AutoCAD com um comando denominado *circle*. São ferramentas de desenho distintas, uma analógica e outra digital, mas se traçadas com a mesma consciência para se representar o cilindro serão exatamente a mesma ferramenta geométrica. Tanto na circunferência analógica quanto na digital o centro estará onde se projeta o eixo do cilindro se isto for feito de forma consciente.

A ferramenta geométrica não se restringe ao traçado da circunferência: é a execução da circunferência como ato consciente de tradução dos conceitos geométricos inerentes ao cilindro para que se configure em sua representação como uma circunferência.

Em síntese: a ferramenta geométrica seria o(s) conceito(s) geométrico(s) aplicado(s) com precisa tradução em ferramenta de desenho.

## 5. Proposição de Ação Investigativa: Estabelecer Objetivos e um Método de Pesquisa

A expressão dos conceitos geométricos da geometria descritiva poderia então se expressar de formas diversas, dadas a diversidade dos processos e a multiplicidade de ferramentas de desenho possíveis para se lidar com a forma (analógicas, digitais, bi ou tridimensionais).

O entendimento desta questão para que subsidie discussões sobre o ensino da geometria descritiva em escolas de Arquitetura nos parece relevante.

Propõe-se uma ação investigativa que avalie os conceitos geométricos da geometria descritiva em processos de concepção e representação da forma alheios ao PI2D. Dada a multiplicidade possível de processos de projeto se optará por limitar o universo de análise a PI2D e PC3D. A difusão na Arquitetura brasileira destes dois processos pode servir como argumento para a escolha deste universo.

Há que se pensar também nos objetivos a serem alcançados com esta ação investigativa e se propor um método de pesquisa para tanto, vamos ao primeiros.

### 5.1. Objetivos

Busca-se como objetivo testar e avaliar a aplicabilidade dos conceitos geométricos tradicionalmente ensinados em cursos de geometria descritiva das faculdades de Arquitetura brasileiras aos processos de modelagem tridimensional da forma em ambiente CAD.

Propõe-se também identificar conceitos geométricos emergentes (não tradicionalmente utilizados em geometria descritiva) advindos do ambiente de modelagem tridimensional CAD e verificar a pertinência de alguns destes conceitos ao campo disciplinar da geometria descritiva.

Como produto final buscará se constituir um novo elenco de conceitos geométricos, ampliado e validado, composto por produtos da pesquisa obtidos tal como



foram descritos nos dois parágrafos anteriores:

- conceitos geométricos tradicionais testados e avaliados em ambiente tridimensional CAD;
- conceitos geométricos emergentes em ambiente tridimensional CAD que forem identificados como pertinentes ao campo disciplinar da geometria descritiva.

Fornecer, com este novo elenco de conceitos geométricos, diretrizes para a reformulação de cursos de geometria descritiva em faculdades de Arquitetura brasileiras e mesmo diretrizes para a elaboração de material didático da disciplina.

## 5.2. Proposição de Método de Pesquisa

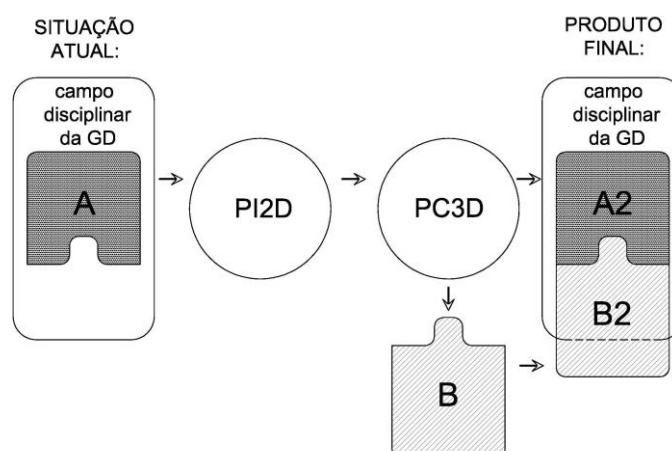
Para se atingir os objetivos propostos se proporá um método de pesquisa que simule a aplicação dos conceitos geométricos da geometria descritiva em PI2D e PC3D.

A escolha deste método de pesquisa possibilitará que se apliquem, testem e qualifiquem os conceitos geométricos da geometria descritiva em dois dos principais processos de projeto em Arquitetura. O método escolhido possibilitará que se lide com estes conceitos geométricos tratando-os como material primário e terá a característica relevante de poder operar no campo da Arquitetura já que os conceitos geométricos da geometria descritiva poderão ser avaliados no instante de sua aplicação em processo de projeto.

Por serem PI2D e PC3D dois processos de projeto distintos isso possibilitará a análise comparativa dos conceitos geométricos ao se identificar como estes últimos se comportariam em cada processo. Há a expectativa que esta análise comparativa possa evidenciar por contraste algumas diferenças significativas na aplicação dos conceitos geométricos da geometria descritiva nestes dois processos de projeto.

Segue figura esquemática das etapas de pesquisa (ver Figura 4) com posterior explicação de cada uma de suas etapas:

**Figura 4: Esquema das Etapas de Pesquisa.**



Fonte: Produção dos autores

### 5.2.1. Constituição do Grupo A

O grupo A (localizado à esquerda da figura 4) é o conjunto dos principais conceitos geométricos tradicionalmente abordados pela disciplina geometria descritiva em cursos de Arquitetura no Brasil. Para a constituição do Grupo A será usada uma estratégia de análise qualitativa que identifique os conceitos geométricos mais relevantes à disciplina presentes nestes cursos, de universo ainda a ser definido. Os livros de Rodrigues (1964), (1968) servirão de parâmetro a essa escolha.

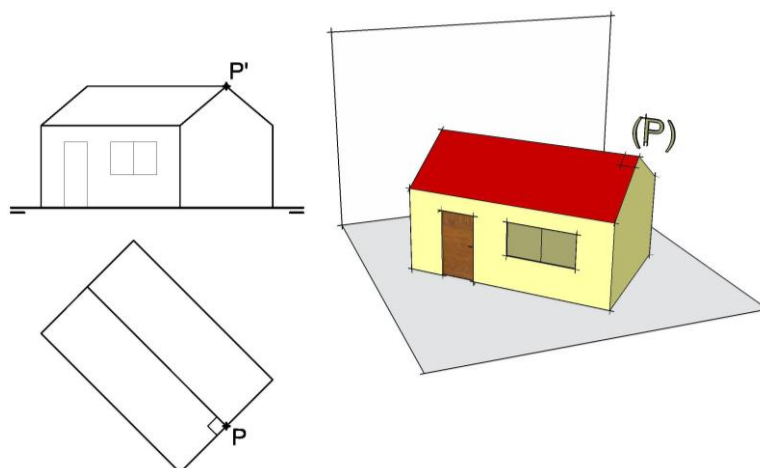
### 5.2.2. Grupo A Submetido ao PI2D e ao PC3D

Os conceitos geométricos que compõem o grupo A serão transpostos ao domínio projetual como ferramenta geométrica, e aplicados por estratégia de simulação tanto no processo de concepção intermediado por representações bidimensionais (PI2D) quanto no processo de concepção por construção tridimensional de um objeto virtual (PC3D).

As táticas utilizadas consistem: na execução de uma écura de um modelo geométrico ou de uma planta com vista conjugada de um modelo arquitetônico em PI2D; e também a construção com software CAD de um modelo geométrico ou arquitetônico em PC3D (ver Figura 5).

Será observado por estratégia comparativa como um mesmo conceito geométrico do grupo A se comportou e como ele foi utilizado após ser traduzido em ferramenta geométrica tanto em PI2D quanto em PC3D. Há a expectativa que por algumas vezes este comportamento e esta tradução se dêem de forma diferente. Ao fim desta análise comparativa os conceitos geométricos do grupo A poderão ser qualificados quanto à sua aplicação tanto em PI2D quando em PC3D.

**Figura 5: Conceito Geométrico de Projetividade do Ângulo Reto em PI2D (Esquerda) e PC3D (Direita).**



Fonte: produção dos autores.

Na Figura 5 um conceito geométrico clássico da geometria descritiva, o da projetividade do ângulo reto, é aplicado em PI2D (à esquerda) e em PC3D (à direita). Este seria um exemplo de conceito geométrico do grupo A aplicado em PI2D e PC3D para ser avaliado. O ângulo reto que existe no objeto real no ponto (P) sofreu uma

interpretação diferente nos dois processos para que fosse representado no mundo projetual. Em PI2D (à esquerda) houve condição de transpor o conceito para um traçado que determinasse que o ângulo reto se projetaria como tal em projeção horizontal mas não se manifestaria como tal na projeção vertical. Em PC3D (à direita) construiu-se o ângulo reto diretamente no espaço virtual tridimensional sem se preocupar com propriedades projetivas do mesmo que auxiliassem ou dificultassem seu traçado: em PC3D este conceito não pôde ser transposto para ferramenta geométrica. Qualificar o conceito como relevante em PI2D e pouco ou nada relevante em PC3D pode ser uma conclusão obtida por avaliação comparativa.

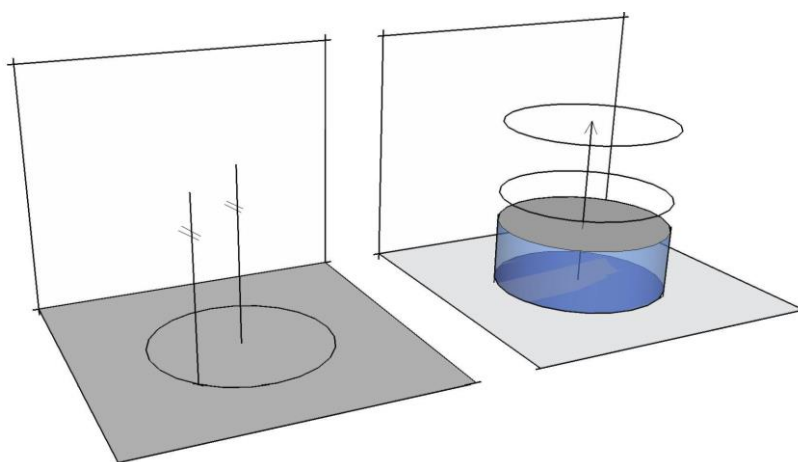
Com este conceito e com os demais do grupo A avaliados teremos como produto um Grupo A2 (aparece à direita da Figura 4). Ao observar este Grupo A2 (que corresponde ao Grupo A avaliado) se terá condição de reequilibrar a relevância destes conceitos geométricos quanto às suas aplicações nestes dois processos de se lidar com a forma. Teremos mais dados para esta valoração que anteriormente a esta simulação.

### 5.2.3. Constituição do Grupo B a Partir de PC3D

Ao se operar ferramentas geométricas em PC3D há a expectativa de algumas destas ferramentas estimularem o uso de conceitos geométricos diversos aos do grupo A. Esta expectativa resulta do fato do PC3D ser um processo não análogo à geometria descritiva e à épura.

A estratégia utilizada para a constituição do grupo B será analítica: se identificarão, no ferramental geométrico possível em PC3D, estes conceitos geométricos. As táticas utilizadas poderão ser, por exemplo, a aplicação de diversos comandos de softwares CAD que possibilitem inclusive gerar a mesma forma a partir de processos de geração diferentes, cada um deste processo demandaria uso de ferramentas geométricas diferentes. Nestas ferramentas geométricas emergentes poderiam ser identificados, por estratégia de análise de cada uma delas, conceitos geométricos emergentes (ver Figura 4).

**Figura 6: Construção de um Cilindro de Revolução em PC3D.**



Fonte: fornecida pelos autores

A Figura 6 ilustra a geração de um cilindro, sólido de revolução em PC3D. O

conceito geométrico de superfície de revolução pode nos levar a gerá-lo por ferramenta geométrica que, num par de retas paralelas, uma descreva um movimento de revolução ao redor da outra (a esquerda da imagem). Esta seria uma ferramenta geometria que reproduziria literalmente o conceito geométrico de sólido (ou superfície) de revolução. A despeito disso uma ferramenta CAD pode nos oferecer a possibilidade de usar um comando de software que promova a extrusão de uma circunferência (à direita da Figura 6). O conceito geométrico certamente teria que sofrer alguma tradução mais elaborada para ser operado como esta ferramenta geométrica para uso deste comando de software.

#### 5.2.4. Testagem da Pertinência dos Conceitos Geométricos do Grupo B ao Campo Disciplinar da Geometria Descritiva

Determinado o Grupo B será necessário que se identifiquem quais dos conceitos geométricos deste grupo são pertinentes ao campo disciplinar da geometria descritiva. Por estratégia teremos a análise de cada um destes conceitos geométricos observando se estariam inscritos dentro dos limites epistemológicos da disciplina. A tática utilizada será consultar o trabalho de Monge (1798), (1811), (1820) e Rodrigues (1964), (1968) para estabelecer estes limites balizadores. Como produto tem-se o grupo B2 (grupo B avaliado): identificadas as partes de B2 pertinente e não pertinente ao campo disciplinar da geometria descritiva (ver Figura 4).

A própria ferramenta de extrusão (à direita da figura 6) seria um bom exemplo disso: há que se testar se extrusão poderia traduzida em um conceito geométrico e se este seria pertinente ao campo disciplinar da geometria descritiva.

#### 5.2.5. Produto da pesquisa = A2 + parte de B2

Como produto da pesquisa tem-se um novo elenco de conceitos geométricos, ampliado e validado como pertinente ao campo disciplinar da geometria descritiva, composto por A2 e por parte de B2 (ver à direita da figura 4):

- A2 = conceitos geométricos tradicionais testados e avaliados em ambiente tridimensional CAD;
- parte de B2 = conceitos geométricos emergentes em ambiente tridimensional CAD que forem identificados como pertinentes ao campo disciplinar da geometria descritiva.

Há a expectativa que constituição deste novo elenco de conceitos geométricos, mais afinado à sua aplicação em múltiplas ferramentas, possa oferecer diretrizes para a reformulação de cursos de geometria descritiva em faculdades de Arquitetura brasileiras e mesmo diretrizes para a elaboração de material didático da disciplina.

## 6. Considerações Finais

Este artigo considera alguns pressupostos a partir dos quais constrói uma problemática e se faz uma proposta de ação de enfrentamento identificando algumas diretrizes como solução. Aqui serão feitas considerações finais rerepresentando, resumindo e concatenando estas partes.

Partindo-se dos seguintes pressupostos:

- Que a geometria descritiva deva ter como papel primordial em um curso de Arquitetura o de fornecer ao aluno conceitos geométricos que o instrumentem a conceber e a representar a forma, não se detendo à excessiva abstração ao valorizar o seu caráter ferramental.
- Que o aluno de arquitetura deva ter a proficiência de aplicar estes conceitos transpondo-os para as múltiplas ferramentas de concepção da forma e desenho: sejam estas analógicas ou digitais, caracterizadas por representações bidimensionais conjugadas ou por construção tridimensional virtual do objeto, ou mesmo de outra natureza. Enfim: que o aluno adquira a capacidade de aplicar conceitos geométricos em diversas ferramentas.

Tendo-se como elementos estruturantes de uma problemática:

- O uso de novos processos de concepção e representação da forma, em particular os caracterizados pela construção virtual do objeto tridimensional por ferramenta CAD, imprime no momento do projeto uma lógica diversa a da geometria descritiva, que seria a de ter o objeto intermediado em projeto e em representação pela dupla projeção bidimensional conjugada, a mesma lógica da é pura.
- Conceitos geométricos não usuais aos ensinados na geometria descritiva poderiam ser identificados como necessários para se operar a ferramenta digital tridimensional, alguns destes conceitos pertinentes ao campo disciplinar da geometria descritiva e outros até mesmo alheios a este campo.
- A emergência do uso de novos conceitos geométricos poderia desequilibrar o elenco de conceitos geométricos tradicionalmente abordados em geometria descritiva, ensinados na disciplina por terem sido identificados como estruturantes da capacidade de se lidar com a forma. Como os critérios para a escalação deste elenco sempre estiveram balizados pela adequação destes conceitos às ferramentas de se lidar com a forma intermediadas por projeções bidimensionais conjugadas: uma mudança neste processo demandaria uma revisão destes conceitos.

Tem-se como caminho possível ao enfrentamento do problema, sem se afirmar que seja o único válido, métodos de pesquisa que obtenham os seguintes produtos:

- Conceitos geométricos tradicionais da geometria descritiva requalificados. Isto feito por meio de sua avaliação ao aplicá-los aos processos de concepção e representação da forma: tanto os intermediados pelas representações bidimensionais conjugadas quanto os caracterizados pela construção virtual tridimensional do objeto.
- Conceitos geométricos identificados como emergentes (advindos da operação das ferramentas computacionais) devidamente testados quanto à sua pertinência ao campo disciplinar da geometria descritiva.
- Novo elenco de conceitos geométricos: reequilibrados e melhor adequados a se configurarem como subsídios à concepção e representação da forma em múltiplas ferramentas. Elenco este constituído pelos conceitos geométricos tradicionais requalificados somados aos conceitos geométricos emergentes

identificados como pertinentes ao campo da geometria descritiva.

Acredita-se que os produtos obtidos em pesquisas que cumpram este encaminhamento sirvam de base para a reelaboração do ensino da geometria descritiva em cursos de Arquitetura, ao tornar a disciplina nestes cursos mais afinada a responder satisfatoriamente à expectativa de fundamentar com conceitos geométricos os processos de concepção e representação da forma com o uso de múltiplas ferramentas.

### Agradecimentos

Os autores agradecem aos participantes do grupo de pesquisa A Educação do Olhar: apreensão dos atributos geométricos da forma dos lugares do PROARQ-FAU-UFRJ por promoverem ambiente profícuo à troca de ideias e estimulante à elaboração de muitas das questões presentes neste artigo.

### Referências

- CARPO, Mario. **The alphabet and the algorithm**. Cambridge: The Mit Press, 2011. 169 p.
- CECCATO, Cristiano et al (Ed.). **Advances in architectural geometry 2010**. Vienna: Springer Wien New York, 2010. 242 p.
- FATORELLI, Nadia; SILVA, Antonio Mauricio Pereira da; MARCONI, Raphael. **Sítio de Geometria Descritiva da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal do Rio de Janeiro**. 2014. Disponível em: <<http://www.fau.ufrj.br/gd>>. Acesso em: 03 jan. 2014.
- GANI, Danusa Chini. **As lições de Gaspard Monge e o ensino subsequente da geometria descritiva**. 2004. 149 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestrado em História das Ciências e das Técnicas e Epistemologia, COPPE, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2004. Disponível em: <[http://teses.ufrj.br/coppe\\_m/DanusaChiniGani.pdf](http://teses.ufrj.br/coppe_m/DanusaChiniGani.pdf)>. Acesso em: 06 jan. 2014.
- GROAT, Linda; WANG, David. **Architectural research methods**. 2. ed. Hoboken: John Wiley & Sons, 2013. 468 p.
- HESELGREN, Lars et al (Ed.). **Advances in architectural geometry 2012**. Vienna: Springer Wien New York, 2012. 343 p.
- MARCONI, Raphael. Geometria descritiva e ambiente CAD: reposicionamento e contextualização de seu escopo e ensino. In: CONGRESSO DA SIGRADI, 16., 2012, Fortaleza. **Anais...**. Fortaleza: Expressão Gráfica e Editora, 2012. p. 259 - 262. Disponível em: <<https://www.dropbox.com/s/zurlzl3zz6jqno/SIGraDi2012.pdf>>. Acesso em: 06 jan. 2014.
- MENGES, Achim; AHLQUIST, Sean (Ed.). **Computational design thinking**. Chichester: John Wiley And Sons Ltd, 2011. 224 p.
- MITCHELL, William J. **A lógica da arquitetura**. 2. ed. Campinas: Unicamp, 2008. 303 p. Tradução de: Gabriela Celani.
- MONGE, Gaspard. **Géométrie descriptive: d'une théorie des ombres et de la perspective**. 4. ed. Paris: Courcier, 1820. 265 p. Disponível em:

<[http://books.google.com.br/books?id=7\\_u5oeQART0C&dq=gaspard monge&hl=pt-BR&pg=PR3#v=onepage&q=gaspard monge&f=false](http://books.google.com.br/books?id=7_u5oeQART0C&dq=gaspard+monge&hl=pt-BR&pg=PR3#v=onepage&q=gaspard+monge&f=false)>. Acesso em: 06 jan. 2014.

\_\_\_\_\_. **Géométrie descriptive**: Leçons données aux ecoles normales, l'an 3 de la re?publique. Paris: Baudouin, 1798. 132 p. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/2027/nyp.33433057782306>>. Acesso em: 06 jan. 2014.

MONGE, Gaspard; HACHETTE, M.. **Géométrie descriptive**. Paris: J. Klostermann Fils, 1811. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/2027/nyp.33433057782298>>. Acesso em: 06 jan. 2014.

OLIVEIRA, Silvio Luiz de. **Tratado de metodologia científica**: projetos de pesquisa, TGI, TCC, monografias, dissertações e teses. 2. ed. São Paulo: Pioneira, 1999. 320 p.

PINHEIRO, Virgilio Athayde. **Noções de geometria descritiva I**: ponto, reta, plano. 5. ed. Rio de Janeiro: Ao Livro Técnico, 1994. 230 p.

\_\_\_\_\_. **Noções de geometria descritiva II**: mudanças, rotações, rebatimentos, problemas métricos. 4. ed. Rio de Janeiro: Ao Livro Técnico S. A., 1990. 258 p.

\_\_\_\_\_. **Noções de geometria descritiva III**: Poliedros, seções planas, interseções. 2. ed. Rio de Janeiro: Ao Livro Técnico S. A., 1971.

POTTMANN, Helmut et al. **Architectural geometry**. Exton: Bentley Institute Press, 2007. 724 p.

RÊGO, Rejane de Moraes. **Educação gráfica e projeção arquitetônica**: As relações entre a capacidade visiográfica tridimensional e a utilização da modelagem geométrica 3D. São Paulo: Blucher Acadêmico, 2011. 261 p.

RODRIGUES, Alvaro J. **Geometria descritiva**: operações fundamentais e poliedros. 6. ed. Rio de Janeiro: Ao Livro Técnico S. A., 1964. 351 p.

\_\_\_\_\_. **Geometria descritiva**: projetividades, curvas e superfícies. 3. ed. Rio de Janeiro: Ao Livro Técnico S. A., 1968. 425 p.

STACHEL, Hellmuth. **The status of today descriptive geometry related education (CAD/CG/DG) in Europe**. 2007. Disponível em: <[http://www.geometrie.tuwien.ac.at/stachel/stachel\\_tokyo.pdf](http://www.geometrie.tuwien.ac.at/stachel/stachel_tokyo.pdf)>. Acesso em: 03 jan. 2014.