

OLHARES DIVERSOS: UMA PRÁTICA DE ANÁLISE DA FORMA CONSTRUÍDA

DIFFERENT OUTLOOKS: A TECHNIQUE FOR ANALYSIS OF THE CONSTRUCTED FORM

Danusa Chini Gani¹

Maria Angela Dias²

Resumo

Neste artigo, apresentamos um conjunto de procedimentos que objetivam a análise e a representação de uma forma tridimensional. Tendo como modelo um objeto construído, analisamos sua forma de diversas maneiras a fim de elaborar roteiros de representação adequados às ferramentas empregadas. Entendemos que o processo construtivo de representação de uma configuração espacial não é único e depende da compreensão que se tem do objeto tratado, aliada ao conhecimento das técnicas e ferramentas disponíveis para a execução da tarefa. Portanto, chamamos a atenção para os diversos olhares que se podem ter sobre uma forma, mostrando a influência destes nas decisões gráficas construtivas. Enfim, sugerimos um plano de ensino que objetiva desenvolver a capacidade de observação de uma figura tridimensional e de sua decomposição em diferentes partes, com o enfoque principal na educação do olhar, no desenvolvimento do pensamento geométrico e na resolução de problemas.

Palavras-chave: representação gráfica; ferramentas; ensino; educação do olhar.

Abstract

In this paper, we present a set of procedures, which objectifies the analysis and the representation of a three-dimensional form. Using a physical object as a model, we analyzed its shape in many ways to then elaborate representational scripts that are appropriated to the tools chosen. We understand that the constructive approach to draw a spatial configuration is not unique and depends on comprehending the object in question, aligned with the knowledge of the available tools and techniques for the execution of the task. Therefore, we bring to light the various ways one can look at a form, pointing out how this can influence on the constructive graphic decisions. Finally, we suggest a teaching method that aims towards developing the observation capabilities of a three-dimensional object and its fragmentations, focusing on teaching observation, developing geometric thought and problem solving.

Keywords: graphic representation; tools; education; teaching observation.

¹ Professora Doutora, Departamento de Técnicas e Representação – EBA – UFRJ, dcgani@ufrj.br

² Professora Doutora, Departamento de Análise e Representação da forma – FAU – UFRJ, magedias@fau.ufrj.br

1. Introdução

Da Antiguidade à Idade Média a tecnologia construtiva era transmitida essencialmente de forma oral, sendo aprendida na prática do canteiro de obras. As construções que davam certo, ou sejam, aquelas que se mantinham estáveis passavam a servir de modelos a serem copiados. Com a invenção da Imprensa, a arte de construir começou a ser propagada por reprodução de textos e gravuras, sob a forma de livro, dando início a uma nova fase de transmissão do conhecimento (MATEUS, 2002). Em consequência disso, e do grande interesse pelas construções exemplares e eficientes da arquitetura antiga, o Renascimento contou com impressões de diversos tratados de arquitetos da Antiguidade Clássica e de profissionais renascentistas atuantes, conforme aponta Mateus (2002). Ainda segundo o autor, os tratados abordavam, em geral, regras de proporções em fachadas e de abertura de vãos, além de difundirem os sistemas estruturais das abóbadas.

Todo esse saber era revelado por meio escrito, acompanhado de alguns desenhos que procuravam facilitar a compreensão da ideia. Aliada à dificuldade técnica de reprodução de gravuras havia o obstáculo de se converter um objeto tridimensional em uma representação plana biunívoca, processo que só foi sistematizado com as lições de geometria descritiva de Gaspard Monge, no final do século XVIII. Perez-Gomes e Pelletier (2000) declaram que esta disciplina possibilitou a precisão e o controle demandados pela Revolução Industrial.

A despeito da aquisição de uma linguagem precisa, o ensino de uma representação gráfica que servisse aos profissionais das artes, arquitetura e engenharias, contou com diversas propostas desde a sua introdução na Escola Politécnica de Paris. Em uma publicação sobre a história e o ensino do desenho técnico, Deforge (1981) apresenta os objetivos e conteúdos dos cursos ministrados nos séculos XIX e XX. Diz que os compêndios da primeira metade do século XIX eram voltados mais aos que deveriam fazer uso dos desenhos (leitura) do que para aqueles que os conceberiam. Visavam, portanto, desenvolver a capacidade de reconstruir mentalmente um volume a partir de vistas, ou de projeções, e de atribuir, a cada forma, suas dimensões. Com o enfoque nesta meta, alguns exemplares de fins didáticos se remetiam à cópia sistemática de modelos. Não obstante, outros apresentavam inicialmente algumas lições de geometria gráfica, mostrando as construções com o compasso, seguidas da representação dos corpos por descritiva para, em uma terceira etapa, propor enfim os modelos a serem copiados. O autor conta que, na segunda metade deste mesmo século, o maquinismo industrial povoou o pensamento dos autores com argumentos como o que inferia que a manufatura seria substituída pelo automatismo, culminando no não aproveitamento do potencial criativo dos usuários. Ainda segundo ele, tais suspeitas conduziram à hesitação entre o ensino da teoria e o da prática. Diante desse dilema, grandes autores do século XIX produziram, sob a forma de catálogo de soluções, uma coleção de modelos de todos os tipos que proviam informações técnicas e serviam de ponto de partida, ou de apoio, aos profissionais.

A respeito desses métodos construtivos dos séculos XIX e XX, que se baseavam nos catálogos de partes pré-fabricadas, Bill Kreysler (2010) proclama que estão sendo confrontados hoje por projetos de grande criatividade, desenvolvidos pelo trabalho colaborativo de projetistas e artesãos. Declara, ainda, que a automação e as técnicas de produção em massa representaram uma ruptura temporária nesta colaboração entre aquele que planeja e o que executa.

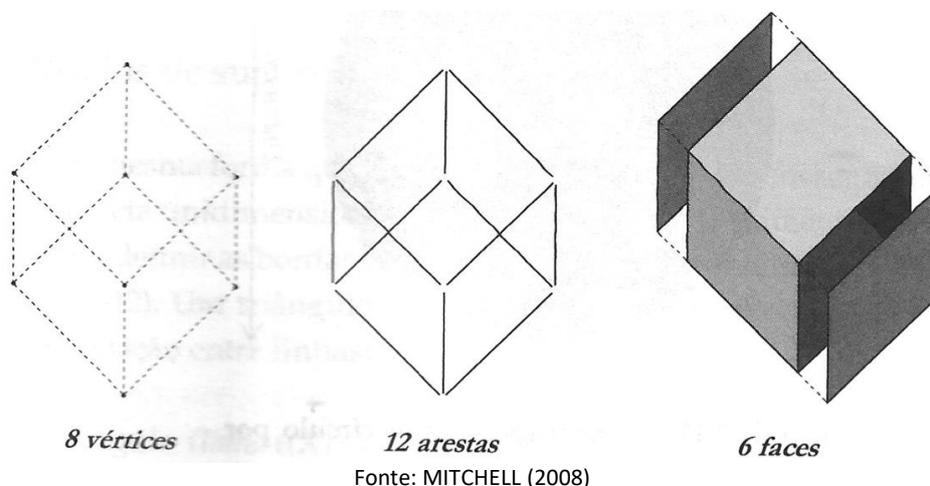
Voltando, então, à questão da incerteza entre o ensino da teoria e o da prática, entendemos que tal indecisão tem permeado as instituições educacionais desde sempre.

Considerando o ensino da representação temos, de um lado, as questões teóricas que envolvem os princípios de geometria; de outro, a técnica da representação e suas convenções. Neste contexto o ensino da geometria descritiva, cuja proposta inicial era tanto teórica (resolução de problemas) quanto prática (aplicação às artes e engenharias) tendeu a uma posição estéril: enquanto a sua parte racional passou a ser ensinada por cópia de soluções prontas, a parte que serviria ao seu emprego nas diversas atividades profissionais se reduziu à representação convencional de sólidos e superfícies exemplares (GANI, 2004). Ao longo do tempo o que sobreviveu deste ensinamento foram procedimentos padrões para a resolução, em uma folha de papel, de alguns poucos problemas de determinação de grandezas, pertinência, interseção e posição relativa entre os elementos de uma configuração espacial, seguidos de representações em posições simples dos volumes tipos, limitados por superfícies planas e/ou curvas.

Outro tema pertinente à instrução atual da representação diz respeito à introdução da computação gráfica tridimensional e dos programas de modelagem 3D. A representação das figuras em é pura (método tradicional utilizado pela geometria descritiva) faz uso de vértices (pontos) e arestas (retas) como elementos gráficos, no caso dos sólidos poliédricos, e geratrizes (linhas) para as superfícies curvas. Ou seja, desenham-se pontos e linhas para dar a ideia dos volumes. Quando migramos da folha de papel para a modelagem digital 3D não precisamos, necessariamente, pensar apenas em pontos e linhas. Podemos lançar mão de superfícies e sólidos pois as primitivas geométricas em um programa gráfico computacional têm múltiplas representações. Um polígono, por exemplo, pode ser tratado como unidimensional (perímetro) ou bidimensional (perímetro acrescido da região interna) enquanto que um poliedro pode ser bidimensional (conjunto de faces) ou tridimensional (faces acrescidas da região interna) (SCHENEIDER; EBERLY, 2003).

Um corpo volumétrico, portanto, pode ser considerado de diferentes modos, como no exemplo de Mitchell (2008), em que um cubo pode ser concebido por 8 vértices, 12 arestas, 6 faces ou, ainda, um sólido, podendo este ser cheio ou vazio (Figura 1).

Figura 1: Modelo de um cubo



Por conseguinte, enquanto o desenho em uma folha de papel é executado linha por linha, nos programas gráficos computacionais desenhamos, por exemplo, polígonos

bidimensionais e deslocamos esta figura, por extrusão, gerando um sólido. Deste modo, podemos lançar outros olhares para a forma tridimensional a fim de representá-la.

Destacamos, portanto, que as maneiras segundo as quais somos capazes de perceber uma forma são diversas. Ao resgatar algumas ideias do século XIX trazemos à lembrança a declaração de Frézier (1737) de que a primeira inovação apresentada em seu tratado seria o conhecimento exato da natureza das linhas curvas que se formam nas arestas das abóbadas. Em uma época cuja a prática comum da estereotomia era pensar em cada uma das pequenas pedras que juntas comporiam a construção (bottom up, na terminologia atual) o autor francês propõe, ao invés, partir de sólidos conhecidos (cones, pirâmides) e seccioná-los por superfícies, ou intersectá-los mutuamente para definir as partes menores (top down). Com este procedimento seria possível obter-se o formato rigoroso de cada uma das pedras que, por sua vez, se encaixariam perfeitamente umas às outras devido à continuidade das linhas limítrofes definidas pelas seções do objeto. Tais linhas foram, pouco tempo depois, descritas por Monge (1746-1818) como geratrizes, uma vez que seus deslocamentos dão origem à geração das superfícies. Ressaltamos que este modo de pensar a forma é empregado nos programas gráficos digitais por meio do uso das ferramentas de transformações pontuais (rotação, translação, homotetia), que imprimem movimento a estas linhas criando superfícies e volumes.

O outro modo, bottom up, em que o objeto é pensado como composto por diversas partes simples e de formas geométricas elementares (prisma, pirâmide, cilindro, cone, esfera e toro) que se inter-relacionam, é igualmente utilizado com frequência nos atuais programas de modelagem 3D por meio da aplicação das ferramentas de operações booleanas (união, diferença e interseção).

Logo, inferimos que não há um modo preferencial único de se observar a forma. A melhor abordagem vai depender dos fatores envolvidos entre os quais destacamos o objetivo e a tecnologia disponíveis para a representação.

Tendo isso em mente, olhamos para o momento atual em que a tecnologia ferramental possibilita inúmeras práticas de projeto. Jane Burry (2012) descreve seis possibilidades advindas da computação digital em que a forma curva das superfícies arquitetônicas são de naturezas e criações diversas. Há aquelas em que a forma é o elemento principal e outras em que o foco está no uso de diferentes atributos tais como a otimização de estruturas e superfícies, as relações de proximidade e conexão entre os elementos (topologia), a consideração de espaços multidimensionais, interativos e responsivos ao estímulo da aproximação humana e a emergência de resultados pelo uso de fractais, com ou sem periodicidade. O leque de possibilidades de projetar e edificar teve um desenvolvimento considerável e a idealização do design está diretamente relacionada à sua configuração gráfica. Enfim, a técnica escolhida para representar influencia o processo de projeto e a forma final da arquitetura. Isso não era habitual na época da exclusividade do papel e lápis.

Observamos que diante da atual conjuntura o ensino tradicional da representação (de volumes exemplares em uma folha de papel) perdeu a sua motivação principal. Por outro lado, o conhecimento geométrico e a compreensão da forma a partir de seus elementos abstratos (pontos, linhas, superfícies) passaram a desfrutar de uma nova e poderosa ferramenta de estudo. Enfim, as reflexões apresentadas nesta introdução nos levaram à produzir um exercício que auxiliasse o aluno a desenvolver a habilidade de perceber a forma de diversas maneiras, fomentando o uso das novas tecnologias. Fundamentamos essa empreitada no método de resolução de problemas de Polya (1995) e na análise da gramática da forma de

Mitchell (2008).

2. Ponderando sobre Mitchell e Polya

William Mitchell, em seu livro intitulado A lógica da Arquitetura (MITCHELL, 2008) faz uso das ciências cognitivas, da inteligência artificial e da lógica contemporânea como fundamentos para desenvolver uma base teórica e crítica para a arquitetura. Entre suas reflexões, o autor aborda a questão da representação por meio de desenhos e maquetes, desenvolvendo a noção de mundos projetuais. Tais universos são compostos por unidades primitivas que podem ser manipuladas de acordo com determinadas regras:

O espaço de possibilidades formais a serem explorados por um arquiteto é estabelecido a partir da seleção das unidades primitivas e dos axiomas do seu mundo projetual. Esse espaço de possibilidades deve ser definido de maneira apropriada à tarefa a ser desenvolvida. As especificações formais de um mundo projetual são implementadas por meio da introdução de mídias apropriadas, como instrumentos de desenho técnico, materiais e ferramentas para a construção de maquetes, ou ainda bancos de dados e procedimentos a eles aplicáveis em um sistema CAD. Essas mídias auxiliam o arquiteto em seu processo de exploração de soluções. (MITCHELL, 2008, p.69)

O autor exemplifica que a superfície de um desenho povoada por pontos, linhas e polígonos (símbolos gráficos), sobre os quais podemos aplicar transformações geométricas (translação, rotação, homotetia), pode ser pensada como um mundo projetual. Acrescenta, ainda, que quando as formas são mais complexas faz-se necessário realizar operações de reconhecimento de sub-formas, subdividindo a composição em diversas partes. O processo que gera a composição é caracterizado pelo autor como um procedimento lógico, ou uma sequência de operações sobre as unidades primitivas escolhidas, de acordo com as regras definidas e os atributos desejados.

Incentivados pelas considerações de Mitchell (2008), julgamos que seria conveniente desenvolver no estudante a habilidade de identificar os símbolos gráficos e as regras de manipulação destes com o objetivo de reproduzir uma figura existente. Nosso propósito está no procedimento lógico da construção gráfica de uma forma (não na sua concepção) e o problema, portanto, reside na caracterização dos símbolos e determinação das regras que irão gerar uma certa figura.

A fim de instituir uma sequência de procedimentos que conduzissem aos resultados esperados, recorreremos às reflexões de George Polya (1995) sobre como resolver problemas. O matemático húngaro estabelece quatro fases na solução de um problema:

1. Compreensão do problema;
2. Estabelecimento de um plano;
3. Execução do plano;
4. Retrospecto.

Na primeira etapa devem ser identificadas as partes principais, que no caso de um problema matemático (de determinação) correspondem aos dados, à incógnita e à condicionante. Adaptando a sugestão para o nosso tópico, as partes principais seriam as unidades primitivas (pontos, linhas, superfícies ou sólidos) e as regras de manipulação

comporiam o plano de ação.

Nesta segunda fase, de elaboração de um plano, propõe a busca por um problema correlato e/ou a sua reformulação. Aqui recorremos ao conhecimento previamente adquirido em representação de figuras semelhantes ou na consideração de uma figura similar. Para isso, fazemos uso de algumas das operações mentais sugeridas no dicionário de heurística do autor, como a decomposição e recombinação dos elementos de maneira nova.

Ao executar o plano há que se verificar cuidadosamente os passos realizados. Nesta etapa, chamamos a atenção para a adequação do passo a passo às ferramentas empregadas para a sua elaboração. Em outras palavras, o estudante deve averiguar se o programa gráfico utilizado possibilita a otimização da sequencia dos procedimentos que conduzirão ao resultado final. Implementando esta fase podemos, ainda, sugerir o uso de diferentes programas gráficos a fim de que o estudante perceba, mais facilmente, o objetivo da proposta.

Polya (1995) confere grande valor à etapa final, de retrospecto, por esta oferecer a oportunidade de consolidar o conhecimento (que servirá de fundamento para resolver futuros problemas) e de refletir sobre sua aplicação em algum outro problema. Em nossa proposta, na última fase o aluno deverá fazer uso do plano estabelecido (roteiro construtivo) para gerar novas figuras a partir da variação das unidades primitivas ou de alguns dos parâmetros das regras estabelecidas.

3. Modelo de Ensino da Representação Gráfica

A figura escolhida para a representação consiste em uma escultura do artista cearense Sérvulo Esmeraldo (1929 – 2017), exposta no Parque da Luz, do acervo da Pinacoteca do Estado de São Paulo (Figura 2).

Figura 2: Escultura de Sérvulo Esmeraldo, sem título (1985)



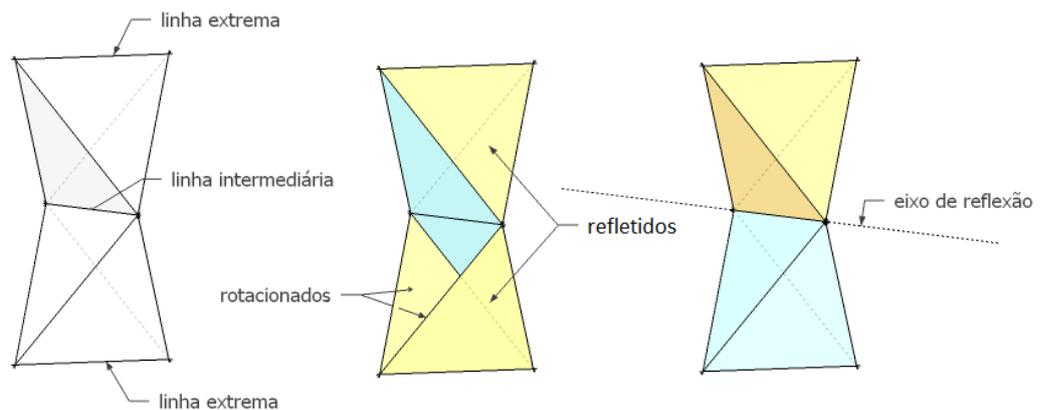
Fonte: <https://www.flickr.com/photos/hanneorla/6046830197/in/photostream/>

3.1. Compreensão do Problema

Ao proceder à análise da forma, sugerimos três abordagens baseadas nas considerações de Mitchell (2008), ou sejam, a figura como um arranjo de linhas, um conjunto de faces ou um corpo sólido (Figura 3). Deste modo observamos, no primeiro caso, três segmentos de reta principais dispostos em planos paralelos, sendo as linhas extremas paralelas entre si e a intermediária, reversa às outras duas. Ao levarmos em conta as faces, vemos oito triângulos

escalenos, congruentes quatro a quatro, dispostos em posições ora refletidas ora rotacionadas. Enfim, considerando o corpo sólido, notamos um poliedro composto por dois tetraedros refletidos.

Figura 3: Compreensão do problema – segmentos de reta; triângulos; tetraedros



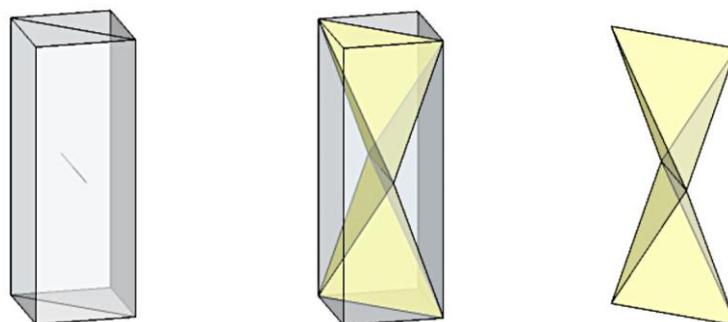
Fonte: Elaborado pelos autores

3.2. Estabelecimento do Plano

O exercício visa a criação de roteiros construtivos que possam gerar uma tal figura, sem se preocupar com a fidelidade na determinação das grandezas lineares e angulares do objeto estudado. Ao contrário, esses são parâmetros cuja variação irá proporcionar novos elementos na fase do retrospecto. Procuramos, portanto, estabelecer possíveis caminhos para a obtenção do sólido pensando separadamente em arestas, faces e sólidos.

Um procedimento comum em desenho, utilizando o meio tradicional do papel e lápis, consiste em envolver o objeto por um prisma de dimensões mínimas (como uma caixa) e desenhar todas as arestas definidas pelos vértices da figura, tendo como referência as faces do prisma envoltório. Visto deste modo as unidades primitivas são pontos (vértices) e retas (arestas), que mantêm relações de posição em função do sólido envoltório. O sólido considerado foi um prisma reto de base quadrada e altura igual ao dobro da diagonal da base. A sequência de procedimentos para gerar a figura consiste na construção do prisma, na definição dos vértices e no desenho das arestas (Figura 4).

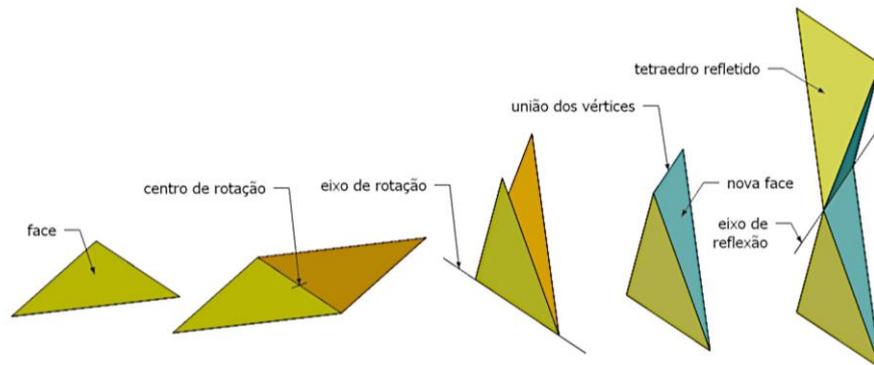
Figura 4: Consideração das linhas



Fonte: Elaborado pelos autores

Na construção por faces temos o desenho de um dos triângulos, sua rotação de 180° com centro no ponto médio de um dos lados e a rotação de cada face em torno do lado comum, de igual amplitude em sentidos contrários. A linha reta que une os vértices opostos ao lado comum determina as outras duas faces de um dos tetraedros. O segundo tetraedro é obtido por reflexão do primeiro (Figura 5).

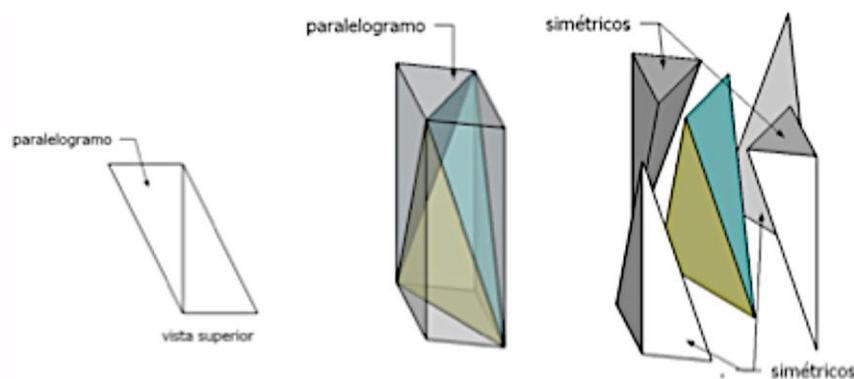
Figura 5: Consideração das superfícies



Fonte: Elaborado pelos autores

A consideração da figura como um corpo sólido conduz à representação de um prisma reto, de base paralelogrâmica, subtraído de quatro poliedros tetraédricos, simétricos dois a dois. O segundo volume da obra pode ser obtido por reflexão, como no caso anterior (Figura 6).

Figura 6: Consideração do corpo sólido



Fonte: Elaborado pelos autores

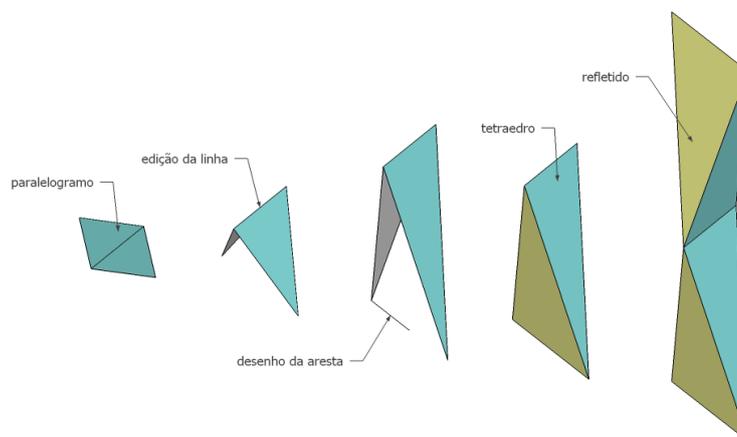
3.3. Execução do Plano

Na etapa anterior, pensamos em um modo de alcançar a forma desejada sem nos preocuparmos com a ferramenta disponível. Os desenhos foram feitos do *SketchUp*, mas poderíamos ter utilizado outros programas 3D uma vez que os recursos empregados são comuns a estes tipos de *software*.

Porém, ao considerarmos a característica do *SketchUp* que consiste em “grudar”

arestas e faces em outras geometrias às quais estão conectadas, fazendo com que todos os elementos interligados sejam afetados quando uma aresta ou face é editada, lançamos um novo olhar para a figura. Assim, construímos o tetraedro a partir do desenho de sua projeção ortogonal (paralelogramo) seguida da translação, perpendicularmente ao seu plano, de uma diagonal do quadrilátero. Pela propriedade do programa, a aresta transladada, em seu movimento, leva consigo os lados do paralelogramo restando, apenas, para completar o tetraedro, o desenho da aresta que une os dois vértices não afetados pela edição realizada. Em seguida, procedemos à construção do segundo poliedro por reflexão (Figura 7).

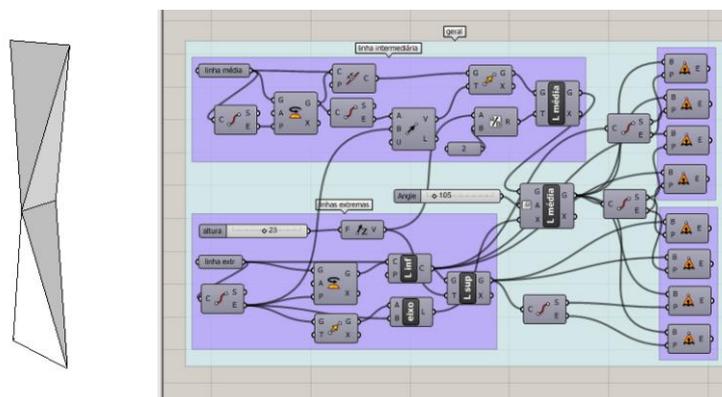
Figura 7: Adaptação do roteiro às ferramentas do SketchUp



Fonte: Elaborado pelos autores

Outro programa gráfico escolhido para realizar a representação da obra de Esmeraldo foi o *Rhinoceros*. Neste, optamos por utilizar o plug-in de técnica paramétrica *Grasshopper*, que permite a elaboração de uma sequência de regras que irão gerar a figura desejada. O roteiro construtivo foi desenvolvido a partir das três arestas principais (consideração de um arranjo de linhas). As duas extremas, sendo paralelas entre si, mantêm uma distância igual à altura do poliedro. A linha intermediária se encontra na metade desta altura e sofre uma rotação em relação às outras duas. De posse destas observações, desenvolvemos o passo a passo construtivo da figura almejada (Figura 8).

Figura 8: Adaptação do roteiro às ferramentas do Rhino/ Grasshopper



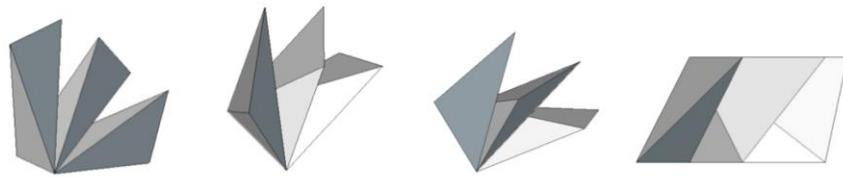
Fonte: Elaborado pelos autores

2.1 Retrospecto

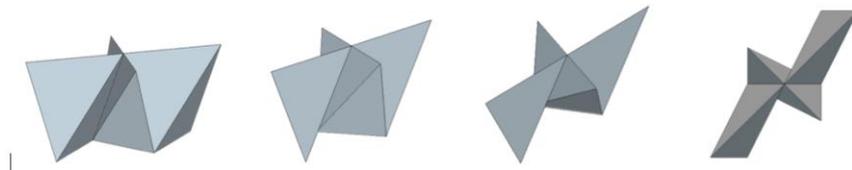
A facilidade proporcionada pelo *SketchUp* de unir os elementos do tetraedro em um bloco único (componente), dele fazer cópias e nestas aplicar as transformações geométricas, instiga a pesquisa de outras composições com o mesmo poliedro (Figura 9).

Figura 9: Exemplos de outros arranjos com o módulo tetraedro

composição 1 - rotação



composição 2 - rotação e translação



Fonte: Elaborado pelos autores

Ao pesquisar outras esculturas do artista encontramos uma obra, no acervo do Museu de Arte Moderna de São Paulo, que segue o mesmo princípio (Figura 10):

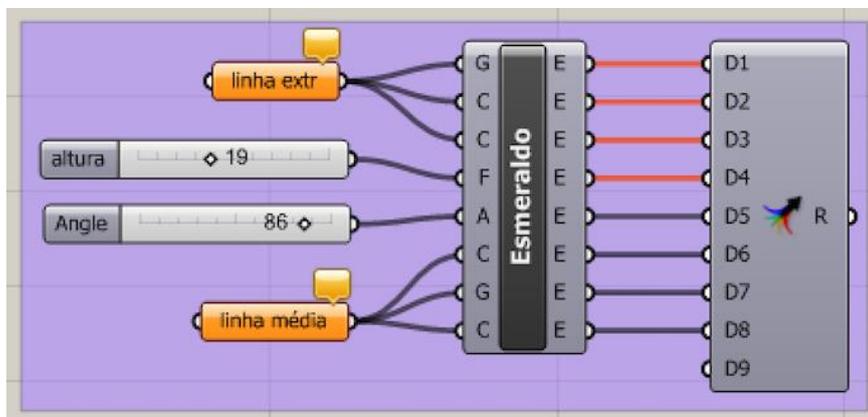
Figura 10: Escultura de Sérvulo Esmeraldo, tetraedros (1997)



Fonte: <http://mam.org.br/acervo/cm2001-002-esmeraldo-servulo/>

O *Grasshopper*, por sua vez, permite que se façam alterações de alguns elementos do roteiro (parâmetros), gerando novos resultados, em tempo real. Os passos do roteiro podem ser agrupados em uma unidade de armazenamento de dados (*cluster*) deixando de fora os elementos variáveis, no caso, os dados de entrada (as linhas principais), os parâmetros (altura do poliedro e ângulo de rotação da linha intermediária) e o resultado (objeto) (Figura 11). Fazendo a variação desses elementos, podemos obter diversos resultados.

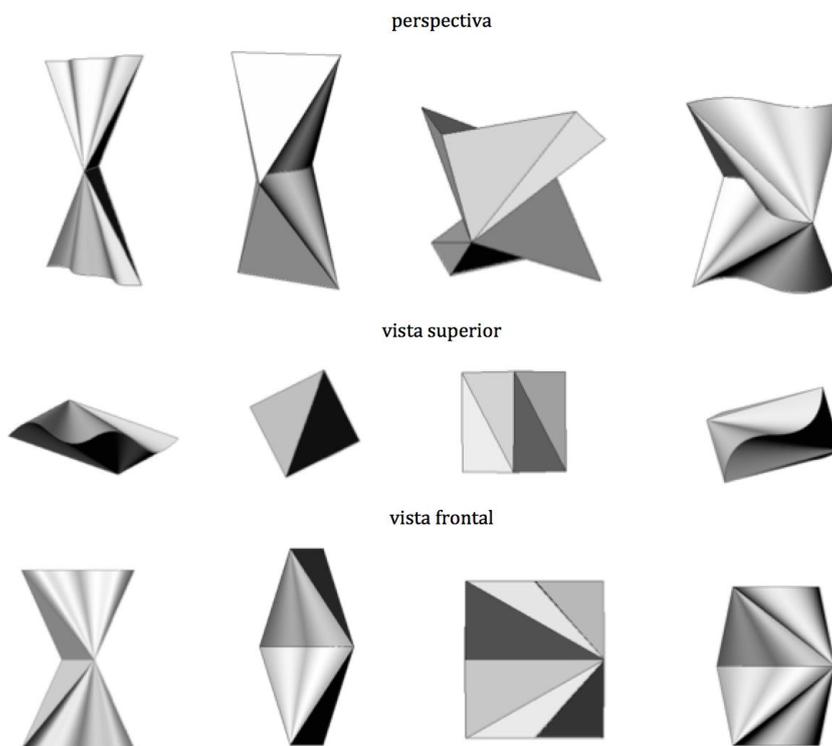
Figura 11: Variáveis – cluster - resultado



Fonte: Elaborado pelos autores

Na Figura 12, mostramos algumas configurações formais resultantes de variações na altura do objeto, no ângulo de rotação da linha intermediária e na forma das linhas principais:

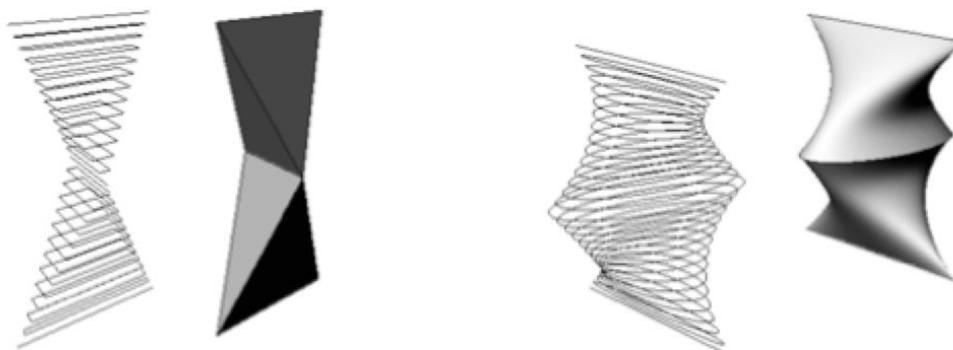
Figura 12: Variações de parâmetros



Fonte: Elaborado pelos autores

As possibilidades de variação são inúmeras e nesta fase do retrospecto podemos voltar às considerações iniciais e enxergar o objeto de uma nova maneira como, por exemplo, sendo gerado por uma figura plana que se locomove mudando de forma e posição em seu movimento e assim, criar novos roteiros (Figura 13).

Figura 13: Outros olhares para o objeto



Fonte: Elaborado pelos autores

4. Considerações Finais

A escolha de um poliedro para servir de modelo ao exercício proposto foi intencional uma vez que os corpos sólidos, constituídos de faces planas, são mais fáceis de representar. Isto ocorre porque tais objetos têm arestas e vértices definidos enquanto os volumes limitados por superfícies curvas não apresentam linhas demarcadas. Acreditamos, portanto, que as práticas iniciais devem ser realizadas a partir dos sólidos poliédricos para que o aluno acumule conhecimento e experiência e assim desenvolva a habilidade de enxergar os elementos geométricos abstratos (pontos, linhas e superfícies) quando estes não estão explícitos. Polya (1995) se refere a este saber adquirido quando sugere a busca da solução de um problema por meio de outro correlato. Além disso, a educação do olhar voltada para a percepção de diversos modos de gerar uma forma contribui para a compreensão de outras práticas de projeto como as citadas por Burry (2012), pois o estudante aprende a detectar atributos e relações entre elementos, assim como suas respectivas influências na forma final do objeto.

Referências

- BURRY, Jane; BURRY, Mark. *The New Mathematics of Architecture*. London: Thames & Hudson, 2012.
- DEFORGE, Yves. *Le Graphisme Technique: son histoire et son enseignement*. Seyssel: Champ Vallon, 1981.
- FRÉZIER, Amédée-François. *La Théorie et la Pratique de la Coupe des Pierres et des Bois, pour la construction des voûtes et autres parties des bâtiments civils & militaires, ou Traité de Stéréotomie a l'usage de l'Architecture*. Strasbourg: Jean Daniel Doulsseker le Fils. Paris: L.H. Guerin, 1737, t.1. Disponível em: <<http://gallica.bnf.fr>>. Acesso em: dez. 2001
- GANI, Danusa Chini. *As lições de Gaspard Monge e o ensino subsequente da geometria descritiva*. 2004. 149p. Dissertação de Mestrado – Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE.
- KREYSLER, Bill. *Craft in Digital Design*. In: LYNN, G.; GAGE, M.F. (org.). *Composites, Surfaces, and Software: High Performance Architecture*. Connecticut: Yale School of Architecture, 2010, p. 37-53.
- MATEUS, João Mascarenhas. *Técnicas Tradicionais de Construção de Alvenarias*. Lisboa: Livros Horizonte, 2002.

MITCHELL, William J. **A Lógica da Arquitetura**. Trad. Gabriela Celani. Campinas: Unicamp, 2008.

PÉREZ-GOMEZ, A., PELLETIER, L. **Architectural Representations and the Perspective Hinge**. Cambridge, MA: MIT Press, 2000.

POLYA, George. **A arte de resolver problemas**. 2ª reimpressão. Rio de Janeiro: Interciência, 1995.

SCHENEIDER, P.J.; EBERLY, D.H. **Geometric Tools for Computer Graphics**. San Francisco: Morgan Kaufmann Publishers, 2003.