

TRANSDISCIPLINARIDADE E INTEGRAÇÃO DE CONTEÚDOS DA GEOMETRIA DESCRITIVA, DESENHO TÉCNICO E MODELAGEM NA REPRESENTAÇÃO DE MICROPARTÍCULAS CRISTALINAS

TRANSDISCIPLINARITY AND INTEGRATION OF CONTENT OF DESCRIPTIVE GEOMETRY, TECHNICAL DRAWING AND MODELING IN THE REPRESENTATION OF CRYSTAL MICROPARTICLES

Mariana Pohlmann¹

Wagner Soares Rossi²

Clariana Fischer Brendler³

Fábio Gonçalves Teixeira⁴

Wilson Kindlein Júnior⁵

Resumo

Os sistemas educacionais vêm sofrendo transformações com o intuito de adaptar os currículos para desenvolver capacidades que são requisitos dos profissionais dos cursos que possuem disciplinas de projeto. Também cada vez mais é notória a necessidade de um ensino transdisciplinar em que envolve uma colaboração entre disciplinas diferentes de uma mesma ciência. É neste contexto que o presente artigo enfoca, através do estudo de caso de partículas de diamante sintético, a integração entre as disciplinas de Geometria Descritiva, Desenho Técnico, Materiais e Processos com o auxílio de sistemas CAD. Através desta integração e o ensino transdisciplinar é possível fazer a correlação entre estes conhecimentos que envolvem a modelagem tridimensional, projeções de objetos e análise da forma geométrica. Os modelos gerados representam um recurso inovador para o processo de ensino-aprendizagem nas disciplinas que envolvem o projeto, pois proporciona um contato efetivo entre o aprendiz e o objeto de estudo através da experiência da manufatura e da experiência tridimensional concreta.

Palavras-chave: transdisciplinaridade; geometria descritiva; desenho técnico; modelagem 3D; micropartículas.

¹ Professora Mestre, Departamento de Design e Expressão Gráfica – UFRGS, marianapohlmann@gmail.com

² Professor Mestre, Departamento de Design e Expressão Gráfica – UFRGS, wsrossi@gmail.com

³ Professora Mestre, Departamento de Design e Expressão Gráfica – UFRGS, clariana.brendler@ufrgs.br

⁴ Professor Doutor, Departamento de Design e Expressão Gráfica – UFRGS, fabiogt@ufrgs.br

⁵ Professor Doutor, Departamento de Materiais – UFRGS, wilsonkindleinjuniorgmail.com

Abstract

Education systems are undergoing transformations in order to adapt their curriculum to develop skills that are required of professional from courses that have design disciplines. Also increasingly evident is the need for a transdisciplinary teaching that involves collaboration among different disciplines of the same science. In this context, this article focuses, by the case study of synthetic diamond particles, on the integration among Descriptive Geometry, Technical Drawing, Materials and Processes disciplines with the aid of CAD systems. Through this integration and a transdisciplinary teaching it is possible to correlate the knowledge that involves three-dimensional modeling, projection of objects and analysis of the geometric shape. The generated models represent an innovative feature for the process of teaching and learning in the disciplines that involve the design as it provides an effective contact between the student and the object of study through, the manufacturing experience and the concrete three-dimensional experience.

Keywords: transdisciplinary; descriptive geometry; technical drawing; 3D modeling; microparticles.

1. Introdução

O processo projetual nas disciplinas dos cursos de Engenharia, Arquitetura e Design utiliza o Desenho como uma ferramenta para a concepção, comunicação e documentação das ideias. Esta é uma das principais ciências de auxílio à formação dos profissionais. Permite o estudo do espaço e de seus atributos, tais como forma, dimensão e posição relativa. A habilidade de visão espacial é adquirida com o domínio da geometria e, não apenas, com a utilização dos métodos de construções gráficas.

O ensino de uma maneira geral passa por uma grande transformação. Em todas as áreas, vem sofrendo alterações de metodologias, revisão de conteúdos somados às mudanças trazidas pelas facilidades do computador. "Revisar seus processos e repensar seus métodos em função das alternativas que o computador pode oferecer, consiste em se remover verdadeiros 'dogmas' tradicionais, muito difíceis de se derrubar" (MEDINA,1991). Não se discute mais a implementação ou não do uso de sistemas CAD (do inglês, *Computer Aided Design*) nas universidades, mas, sim, como efetivá-la.

As universidades pioneiras nesta mudança mostram através de sua experiência que, enquanto uma série de processos de representação ficou ultrapassada, a modelagem através do computador exige uma maior capacidade de visualização espacial, renovando a importância dos conceitos da Geometria Projetiva. É importante ressaltar, também, a necessidade do esboço que precede a elaboração do projeto e, conseqüentemente, o ensino do Desenho à Mão Livre. (MORAES; CHENG, 2001)

Os sistemas educacionais vêm sofrendo transformações com o intuito de adaptar os currículos para desenvolver capacidades que são requisitos dos profissionais dos cursos que possuem disciplinas de projeto (TEIXEIRA et al., 2006). Também cada vez mais é notória a necessidade de um ensino transdisciplinar em que envolve uma colaboração entre disciplinas diferentes de uma mesma ciência. Portanto, segundo Rocha (2007) a característica principal do ensino transdisciplinar é articular elementos que passam entre, além e através das disciplinas, numa busca de compreensão da complexidade de determinado conhecimento.

É neste contexto que o presente artigo enfoca, através de um estudo de caso, a integração entre as disciplinas de Geometria Descritiva, Desenho Técnico, Materiais e

Processos com a introdução dos sistemas CAD no ensino dos cursos em que possuem disciplinas de projeto. Através desta integração e o ensino transdisciplinar é possível fazer a correlação entre estes conhecimentos que envolvem a modelagem tridimensional, projeções de objetos e análise da forma geométrica.

2. A Evolução da Representação da Forma

A representação gráfica, realizada através de desenhos, acompanha o homem desde os primórdios. Na França e na Espanha, foram encontrados grafismos datados de 10 a 20 mil a.C. em que são representados animais e armas de caça. A figura humana só apareceria nos desenhos a partir do século V a.C (SOARES, 2005; SOUZA, 2004; MLODINOV, 2004).

O ensino das técnicas de representação surgiu dentro de templos no final do século VI a.C. Foi então que apareceram as escolas de nível superior, quando Thales de Mileto e Pitágoras desenvolveram os primeiros estudos sobre a Geometria e a Matemática. A partir deste momento, muitos pensadores destacaram-se. No período compreendido entre os séculos III a.C. e III d.C. destacam-se Sócrates e Apolônio, que consideravam a abstração, a observação e a realidade sensível fundamentais para a área gráfica; Vitruvius, que realizou os primeiros estudos sobre ichonographia; e Ptolomeu de Alexandria, com as projeções ortogonais na cartografia (BICUDO, 1990; SOARES, 2005). Chega-se então, a Euclides que é considerado o pai da Geometria. Em seus "Elementos", Euclides sistematiza a Geometria que, mais tarde, fora batizada de "geometria euclidiana". Na mesma época, Apolônio de Pérgamo estabelece os conceitos de elipse, hipérbole e parábola. Muitos outros cientistas sucederam até que, em 529 d.C., as Academias foram fechadas marcando o fim da era clássica. Com o fortalecimento do cristianismo, a filosofia passou a ser escravizada à Teologia, dando origem, portanto, à escola escolástica (TRINDADE, 2002).

Conforme Guimarães (1996), Trindade (2002) e Campos (2007), o desenvolvimento da escolástica teve como representante o rei Carlos Magno, que unificou o conteúdo do ensino o qual compreendia gramática, retórica, dialética, geometria, aritmética, astronomia e música. Esse pensamento avançou até os séculos XII e XIII, quando as atividades humanas foram divididas entre "operativas", que regem o uso das mãos, e as "liberais", ligadas à atividade mental. Essas, por sua vez, eram subdivididas em Trivium (gramática, dialética e retórica) e em Quadrivium (geometria, aritmética, astronomia e música). Após a "idade das trevas", a razão e a filosofia libertam-se da condição de servos da teologia e retomam o espírito científico. Entre os séculos XV e XVIII, surge a Escola Contemporânea, influenciada pelo desenvolvimento da ciência grega e árabe. No Renascimento, as atividades liberais eram tidas como superiores às atividades operativas. Entretanto, diante da falta de apreço de intelectuais "por todos aqueles que trabalhavam, apenas, aparentemente com as mãos" (GOMES, 1996), Leonardo da Vinci chama a atenção sobre o contexto cultural que reverencia os poetas, escritores e filósofos (CAMPOS, 2007).

Então, o artista, dotado de grande capacidade inventiva, transformou-se também em técnico. A partir da autovalorização dos artistas-engenheiros, grandes avanços técnicos e científicos marcam a história da humanidade. No século XIII, Villard de Honnecourt aplica estudos de desenho geométrico a projetos; no século XV, Alberti desenvolve as primeiras regras da perspectiva; no século XVI, Leonardo da Vinci explora mais detalhadamente a geometria; no século XVII, Descartes lança o estudo das

coordenadas e Pascal apresenta o estudo das cônicas; e, finalmente, no século XVIII, Newton traz o estudo da mecânica clássica (TRINDADE, 2002; KOPKE, 2006).

No período do Iluminismo, a geometria surge na apropriação fiel da natureza abolindo a cópia ou o desenho de memória. Entretanto, mudanças sociais baseadas no pensamento liberal faz a técnica se sobressair ao desenho fiel à natureza e o mundo passa a viver o paradigma cartesiano-newtoniano (PINHEIRO; ROSSI, 2003; KOPKE, 2006). Na passagem para o século XIX, as técnicas de representação passaram a ter maior fundamentação e importância quando Garpard Monge sistematizou a Geometria Descritiva. Essa sistematização foi de fundamental importância para todo o processo de industrialização e tecnologia que o final deste mesmo século e o início do próximo iriam experimentar (TRINDADE, 2002; KOPKE, 2006). A Exposição Industrial de Londres e a Exposição Universal do Desenho, na França, em 1851 e 1889, respectivamente, contribuíram com a aceitação do desenho como um instrumento de autonomia e de desenvolvimento tecnológico. A partir de então, muitas escolas de engenharia surgiram, expandindo-se por todos os continentes.

No Brasil, o ensino do desenho iniciou com a Missão Artística, quando D. João VI trouxe com ele artistas plásticos, arquitetos, engenheiros e mestres de ofícios nesta especialidade. Com a criação da Real Academia Militar, em 1810, por D. João VI, a Geometria Descritiva passou a ser lecionada nos cursos científicos (TRINDADE, 2002). Nas últimas décadas, o desenvolvimento tecnológico vem impulsionando os educadores na área da engenharia, arquitetura e design a identificarem as tendências do mercado para a formação de um profissional com base em uma estrutura curricular atualizada. Dentre os recursos que vêm sendo empregados neste contexto de renovação, vale ressaltar a incorporação de novas mídias no processo de aprendizagem. Desta forma, o estudante é incentivado, não somente a projetar, mas também, executar seu trabalho, exercitando sua capacidade criativa em diversas áreas do saber.

3. Sistemas de Modelagem Tridimensional Virtual

Segundo a análise de Trindade (2002), normalmente o ensino de desenho nos cursos de engenharia, arquitetura e design é dividido em duas partes: esboço à mão livre e sistemas CAD. A primeira é destinada para o entendimento de representação dos conceitos básicos de desenho e na segunda, com o auxílio do computador é enfatizada a capacidade de visualização tridimensional do estudante.

A necessidade dessa disciplina tem direta relação com um dos ramos de maior importância das engenharias, pois, o “processo de projeto nessas áreas se realiza, principalmente, através da representação gráfica dos objetos que se colocam como propostas de solução ao problema apresentado” (COELHO; REGO, 2007, p. 1). Dessa maneira, a expressão gráfica parte do princípio de que todo estudante dessa área e de áreas afins deve saber fazer e ler desenhos, ou seja, se utilizar da expressão gráfica, que é a representação gráfica de objetos sólidos e suas relações com a forma e o tamanho (FRENCH; VIERCK, 1989).

Uma das áreas da expressão gráfica é a simulação e modelagem 3D que significa a criação da geometria dos objetos virtuais em três dimensões, desse modo, para se obter um modelo 3D, projeta-se um modelo digital que contém dados geométricos definidos em relação com as coordenadas cartesianas x,y,z , ou seja, trata-se da representação ou modelagem 3D de um objeto real, de um sistema ou evento, e

também dos objetos virtuais 3D criados para compor uma cena virtual (ROCHA, 2009, TRINDADE, 2002). Tudo passa pela geometrização quando se fala em programas gráficos computacionais, seja de CAD ou só de modelagem 3D. Inclusive, a definição de uma cena virtual, com pontos de vista, posição do observador e focos de iluminação, é geometrizada através da interface e a partir de determinados procedimentos, para ser armazenado matematicamente na memória do computador, indexados ao programa ou ao modelo que está sendo preparado para o *rendering* ou animação (ROCHA, 2009).

Para Rocha (2009), o recurso de modelagem 3D não se trata apenas de uma simples apresentação ou representação visual do objeto depois de concebido, mas vai muito além, pois deve ser considerado um importante aliado na prática pedagógica do ensino de projeto e desse modo, deve ser entendido como possibilidade durante a concepção do objeto. Essa possibilidade de auxílio da fase de concepção do objeto se dá, pois, por meio da modelagem 3D, o estudante tem a oportunidade de explorar um ambiente, sendo assim, lhe é permitido realizar uma “atividade de pesquisa, manipulando determinados parâmetros e comprovando as suas experiências” (TRINDADE, 2002, p. 74). Sendo assim, para a formação de projetistas, segundo Coelho; Rego (2007) as representações gráficas funcionam como instrumentos de mediação entre suas ideias de solução para o problema e seu pensamento, do mesmo modo, pela sua capacidade de representação, funcionam como instrumento de comunicação com todos os sujeitos envolvidos no processo.

Por exemplo, para auxiliar no ensino de Geometria Descritiva nas disciplinas de Engenharia, Arquitetura e Design da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, e compreensão do conteúdo pelos alunos, foi desenvolvido por Teixeira *et al.* (2006) um programa computacional interativo que proporciona uma experiência concreta e também proporciona o entendimento dos conceitos fundamentais da Geometria Descritiva, o software HyperCAL^{3D}. O HyperCAL^{3D} utiliza os sistemas CAD e foi concebido para ser utilizado tanto pelos professores, para a criação de exercícios e exposição de conteúdo, como pelos alunos, para a solução de problemas e a visualização das projeções e dos processos de forma interativa (TEIXEIRA e SANTOS, 2013).

Devido à necessidade imposta pela representação gráfica, a percepção visio-espacial é um dos processos cognitivos mais exigidos para o desenvolvimento e interpretação de projetos nas áreas como engenharia, arquitetura e design e está diretamente relacionada com a habilidade de representação de modelos 3D (COELHO; REGO, 2007).

Sendo assim, é por meio dos diversos tipos de representação gráfica, como no caso da modelagem 3D que se estabelece um ciclo de análise, síntese e avaliação até a formalização de uma proposta final. Isso se deve ao fato de que na maioria das vezes o problema apresentado nessas áreas insere-se em um contexto espacial, pois, trabalha-se com ambientes, produtos, embalagens, entre outros objetos que necessitam de representação tridimensional, essa capacidade de representar graficamente as características volumétricas dos objetos, “assim como compreendê-lo em diferentes tipos de representação é uma habilidade fundamental para a formação de um bom projetista” (COELHO; REGO, 2007, p. 2).

4. Sistemas de Modelagem Tridimensional Real

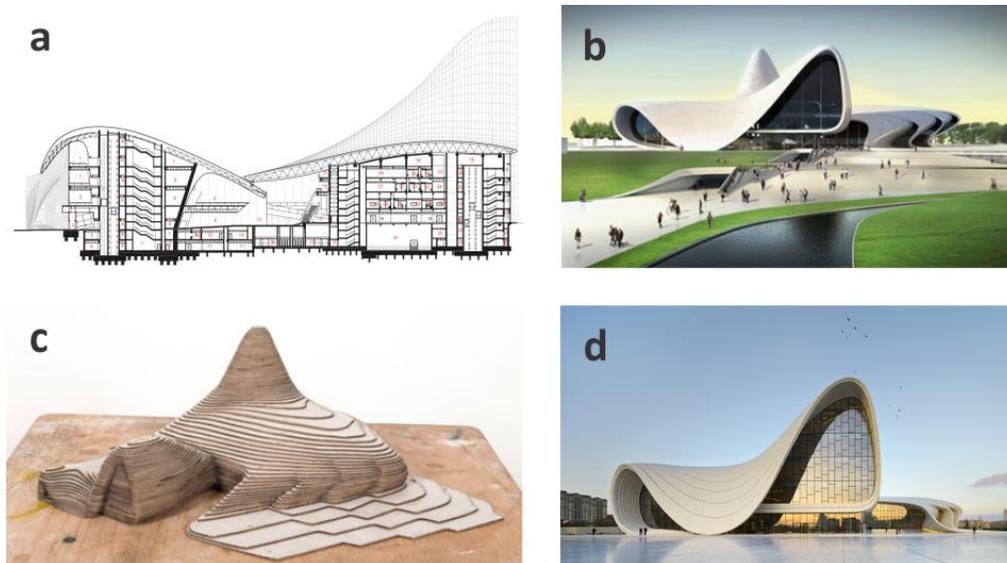
A modelagem virtual possibilita a extrapolação da representação da forma em

substratos 2D (como o papel, utilizado na Geometria Descritiva e no Desenho Técnico) e em simulações virtuais (como a ilusão tridimensional criada a partir de softwares de modelagem) passando para a representação tridimensional real da forma. Dentre as técnicas de modelagem, cabe ressaltar a utilização de equipamentos de usinagem, impressão tridimensional, corte por jato d'água e laser.

Conforme Bagnato (2008) o LASER (do inglês, *Light Amplified by Stimulated Emission Radiation*) baseia seu funcionamento nas leis fundamentais da radiação luminosa com a matéria. O resultado é um instrumento de altíssima precisão geométrica. Esse recurso tem sido utilizado em diversas áreas relacionadas com a representação em engenharia, arquitetura e design, tais como a confecção de maquetes arquitetônicas (Figura 1).

Esse recurso possibilita a visualização e compreensão prévia de uma edificação, por exemplo. Ou seja, antes mesmo de sua execução, engenheiros, arquitetos e designers podem verificar e solucionar aspectos projetuais referentes ao empreendimento em questão. Além disso, construídas em escala menor do que o projeto em si, as maquetes favorecem a compreensão dos ambientes por parte de um público sem formação necessária para a correta interpretação de sistemas de representação utilizados por profissionais da área. Esse argumento reforça a importância da incorporação de recursos específicos de diferentes áreas utilizados para alcançar um objetivo em comum.

Figura 1: Centro Cultural Heydar Aliyev em Baku, Azerbaijão.



Assinado pela arquiteta Zaha Hadid, este é um típico exemplo da utilização de diferentes recursos para a execução de um projeto: (a) desenho técnico; (b) modelo 3D virtual; (c) modelo 3D real obtido por corte a laser; e (d) edificação finalizada. Modificado de Archdaily (2015), Architecture & Landscape (2015) e Archiinsight (2015).

Com esse panorama sobre a evolução da representação da forma, pode-se perceber que, ao longo do tempo, houve um processo de ruptura e fragmentação do saber, seguido por outro de união e integração. Sabe-se que, no presente momento, estamos vivenciando um período de conexão e inter-relação entre diversas áreas do

conhecimento. Essa abordagem foi apresentada por Piaget desde o Seminário de Nice, em 1970, quando os termos *pluri* e *transdisciplinar* foram divulgados pela primeira vez.

5. O Ensino Transdisciplinar

Um dos primeiros autores a refletir sobre o termo "interdisciplinaridade" foi Hilton Japiassú, em meados da década de 1970. O autor ressalta que essa abordagem deveria ser baseada na negação e na superação das fronteiras disciplinares, bem como na colaboração entre as disciplinas de uma ciência. Esse processo de intercâmbio recíproco resultaria no enriquecimento de cada disciplina (JAPIASSÚ, 1976).

De acordo com Japiassú (1976), é necessário primeiramente entender os termos "disciplina" e "disciplinaridade" à luz da epistemologia. Então, "disciplina" refere-se à ciência, enquanto que "disciplinaridade", à exploração científica e especializada de determinado domínio homogêneo de estudo. Essa exploração fornece subsídios para o desenvolvimento de novos conhecimentos que irão substituir os antigos. Sendo assim, pode-se discorrer acerca do primeiro nível: a multidisciplinaridade. Para Japiassú (1976) e Fazenda (1979), esse termo evoca uma série de disciplinas propostas simultaneamente, mas sem revelar suas relações; não há cooperação entre as disciplinas, como a matemática e a história, por exemplo.

Já a pluridisciplinaridade pode ser definida como a justaposição de disciplinas próximas nos domínios do conhecimento de modo que apareçam as relações existentes entre elas; há cooperação, mas sem coordenação, como, por exemplo, a matemática e a física (JAPIASSÚ, 1976; FAZENDA, 1979).

Sommerman (2006) confirma o consenso existente entre os outros autores quanto aos termos "multi" e "pluri": a multidisciplinaridade é um sistema constituído de apenas um nível e de múltiplos objetivos, porém sem qualquer cooperação; enquanto que a pluridisciplinaridade pressupõe a existência de relações complementares entre disciplinas afins.

A interdisciplinaridade envolve colaboração entre disciplinas diversas ou entre setores heterogêneos de uma mesma ciência. A característica principal é a reciprocidade nas trocas. Ou seja, implica na transformação e integração (JAPIASSÚ, 1976; FAZENDA, 1979).

Na transdisciplinaridade é necessário haver uma coordenação de todas as disciplinas e interdisciplinas num sistemas de níveis e objetivos múltiplos. Esse é um desafio coletivo: cada profissional deve olhar pela ótica do outro pesquisador, analisando prática e teoria utilizadas por ele (JAPIASSÚ, 1976; FAZENDA, 1979).

Para Summerman (2006), a interdisciplinaridade refere-se à interação entre duas ou mais disciplinas, originando outro corpo disciplinar, como, por exemplo, a bioquímica e a psicolinguística. E a transdisciplinaridade é o grau máximo de relação entre as disciplinas sem darem origem a uma super-disciplina. O autor ainda ressalta que a transdisciplinaridade é a transgressão da disciplinaridade, do saber codificado.

Conforme o artigo 11 da Carta de Transdisciplinaridade, adotada no Primeiro Congresso Mundial de Transdisciplinaridade, em Portugal no ano de 1994,

[...] uma educação autêntica não pode privilegiar a abstração no conhecimento. Deve ensinar a contextualizar, concretizar e globalizar. A educação transdisciplinar reavalia o papel da intuição,

da imaginação, da sensibilidade e do corpo na transmissão dos conhecimentos. (FREITAS; MORIN; NICOLESCU, 1994, p. 3).

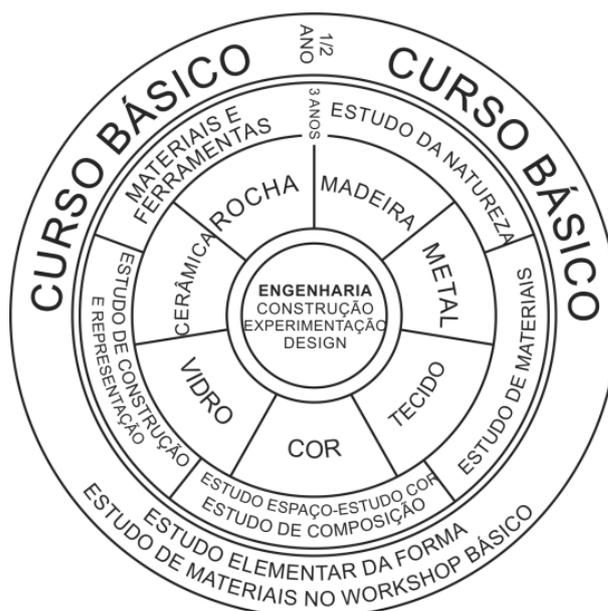
No que tange especificamente o ensino de técnicas de representação, vale lembrar que no final do século XIX houve uma ruptura do elo que unificava as atividades concepção e execução. E como consequência dessa divisão, tornou-se necessária a criação de um meio não ambíguo entre a comunicação e a produção (NAVEIRO et al, 2001). Este foi o movimento mais recente de integração de conteúdos no âmbito do ensino das artes, arquitetura, engenharia e indústria, quando surgiu a Bauhaus, na Alemanha no início dos anos 1920.

5.1. O Sistema de Ensino na Bauhaus e seu Legado

Diante de uma Alemanha conturbada e em reconstrução, pós Primeira Guerra, um grupo formado por profissionais das mais variadas atividades artísticas e técnicas une-se para fundar a Bauhaus. Liderada por Walter Gropius, a escola de artes e ofícios levou aos jovens alemães da época a associação do artista e do artesão em um único profissional (MARTINO, 2007; PEREIRA, 2010).

A Bauhaus estava diretamente relacionada com os movimentos reformistas do modo de vida e da civilização. Dentre esses movimentos, destacou-se uma moderna filosofia pedagógica que rejeitava a o modelo de ensino de transmissão de conhecimento, priorizando a auto-formação do aluno a partir da unificação das escolas. O princípio da escola era a valorização de uma estrutura unificada do artista e artesão, possibilitando a habilitação do profissional em todos os níveis (Figura 2). Neste modelo de aprendizado era enfatizada a integração entre o ensino teórico e prático, empregando as inúmeras oficinas disponíveis aos alunos (MARTINO, 2007; PEREIRA, 2010; FONTOURA, 2015).

Figura 2: Diagrama da Estrutura de Ensino na Bauhaus.



Modificado de Bauhaus (2015).

As oficinas englobavam todas as disciplinas artísticas: cerâmica, tecelagem, metal, mobiliário, vitrais e pintura mural, escultura em madeira e pedra, encadernação, tipografia. Então, ao compreender a natureza e as propriedades dos materiais e das técnicas, o aluno conseguia estabelecer relações em diferentes áreas da ciência (MARTINO, 2007; PEREIRA, 2010).

Essas relações que apresentam a visão geral do processo aprimoraram a qualificação do profissional da indústria. Ao passar por experimentações sensoriais nas atividades pedagógicas artísticas, o profissional têm condições de agregar tanto um caráter funcional, quanto estético às suas produções (MARTINO, 2007).

O sistema de ensino da Bauhaus é utilizado até hoje nos cursos de Design. De acordo com Walter (2006), o Design é uma área correlata à Engenharia e a Arquitetura que abrange toda a atividade projetual. Conforme exposto, esta é uma arte profissional focada no desenvolvimento da cultura material cuja abordagem é explicitamente transdisciplinar. Na concepção dos produtos industrializados, Walter (2006) ressalta que existe uma dinâmica entre Materiais, Processos de Fabricação e Forma. Esses três fatores relacionam-se entre si e determinam as características finais do produto.

6. Estudo de Caso: A Representação Gráfica e Glífica do Diamante Sintético

"Exercer a capacidade criativa, no entanto, implica na percepção real do material, principalmente pelo contato do projetista com amostras do mesmo" (WALTER, 2006). Essa afirmação sobre os materiais feita sob o contexto do Design pode ser aplicada, também, nas práticas de ensino da expressão gráfica. Dependendo da disciplina, seja no curso de Design, Arquitetura ou Engenharia, é comum o aluno questionar a aplicação prática do conhecimento adquirido em sala de aula.

Posto esse cenário, o estudo de caso proposto discorre acerca das representações gráfica e glífica do diamante sintético. Esse material, que possui dimensões próximas a 400 μm , foi selecionado propositalmente no intuito de mostrar que as técnicas de representação e estudo da forma independem do tamanho do objeto em estudo. Como recursos de representação gráfica, foram utilizados a Geometria Descritiva, o Desenho Técnico, a Modelagem 3D Virtual e, como recurso de representação glífica, a Modelagem 3D Real por corte a laser.

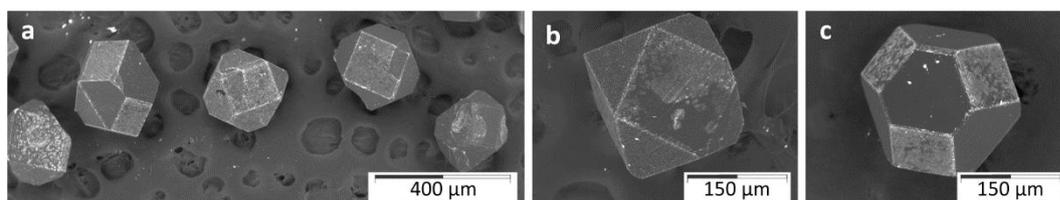
O diamante é a substância mais dura conhecida pelo homem e o mais resistente à abrasão. Por isso, este cristal possui tanta representatividade na indústria joalheira pelo valor simbólico que representa. Quando não são utilizados como adorno, os diamantes naturais são empregados na fabricação de ferramentas de usinagem e de gravação. Há também aqueles que são sintetizados especificamente para este fim. O ângulo do diamante proporciona diferenças na largura e na profundidade das fendas produzidas pelas ferramentas. De maneira geral, ângulos maiores produzem linhas mais largas e brilhantes, enquanto que ângulos menores criam fendas mais profundas e rugosas (COLAFEMINA, 2005).

De acordo com Kindlein Júnior (1999), a ocorrência da forma cúbica é muito rara entre os diamantes naturais. Entretanto, nos diamantes sintéticos, é possível encontrar desde cubos até octaedros. Essa variedade pode ser determinada pelas condições (de temperatura e pressão) empregadas no processo de síntese.

Sendo assim, a morfologia dos diamantes sintéticos utilizados no presente

estudo foi analisada por meio de imagens obtidas pelo Microscópio Eletrônico de Varredura (MEV). Foi utilizado o equipamento modelo TM 3000, marca Hitachi®, do LdSM/UFRGS. Foram feitas ampliações de 50 e 200 vezes (Figura 3).

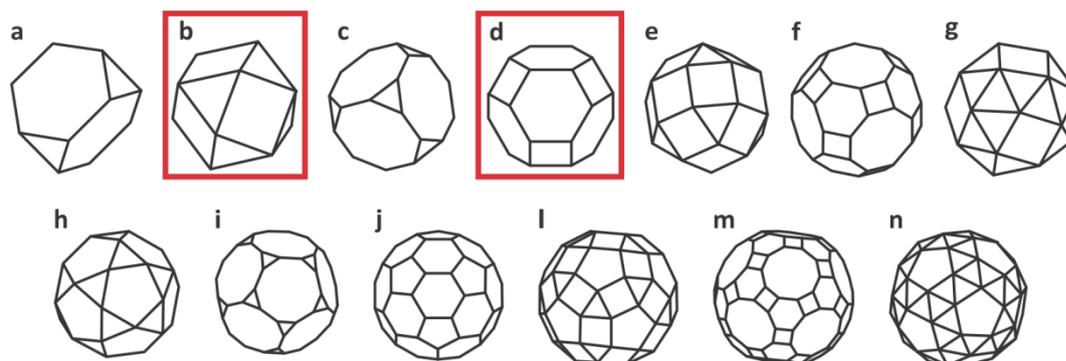
Figura 3: Fotomicrografias dos Diamantes Sintéticos.



Na imagem com ampliação de 50 vezes (a), são observados diversos diamantes sintéticos com diferentes formatos; nas imagens com ampliação de 250 vezes (b; c) são observados os diamantes selecionados para serem utilizados como objetos de estudo neste trabalho.

Nos diamantes sintéticos analisados, verifica-se a presença de dois tipos de estrutura: o cuboctaedro e o octaedro truncado. Essas estruturas fazem parte dos 13 sólidos de Arquimedes, também chamados de poliedros semirregulares (Figura 4).

Figura 4: Sólidos de Arquimedes (Poliedros Semirregulares).



(a) tetraedro truncado; (b) cuboctaedro; (c) cubo truncado; (d) octaedro truncado; (e) rombicuboctaedro; (f) cuboctaedro truncado; (g) cubo achatado; (h) icosidodecaedro; (i) dodecaedro truncado; (j) icosaedro truncado; (l) rombicoidodecaedro; (m) icosidodecaedro truncado; e (n) dodecaedro achatado. Em destaque, as geometrias dos diamantes analisados por MEV. Modificado de Lundy et al. (2010).

Essa família de poliedros, descrita por Arquimedes (século III a.C.), compreende todos os poliedros uniformes convexos de faces regulares, de dois ou três tipos, totalizando 13 sólidos diferentes. Os sólidos de Arquimedes podem ser designados por poliedros semirregulares com características particulares de simetria. Os vértices dos sólidos são sempre congruentes, pois nele são intersectados o mesmo tipo e o mesmo número de faces, ainda que em apenas dois deles as arestas também sejam congruentes. Dentre os sólidos de Arquimedes, sete são obtidos por meio de truncagens efetuadas sobre os sólidos platônicos (LUNDY et al., 2010). As geometrias dos diamantes analisados (o cuboctaedro e o octaedro truncado) enquadram-se neste grupo.

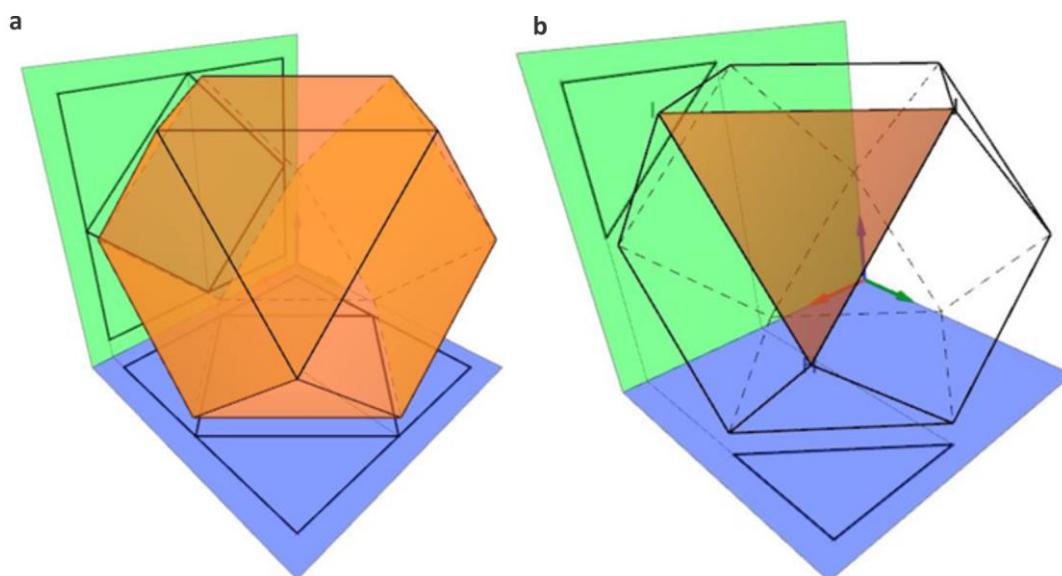
6.1. Geometria Descritiva

O objetivo principal do ensino da geometria descritiva é o desenvolvimento do raciocínio tridimensional e percepção espacial, conhecimentos indispensáveis para áreas de concepção de projetos. Portanto, desenvolve a compreensão do espaço tridimensional e de sua representação em domínio bidimensional (TEIXEIRA et al., 2006).

Através dos métodos descritivos utilizados pela geometria descritiva com enfoque na solução de problemas de projeto, é possível obter as verdadeiras grandezas de arestas, faces, ângulos, cálculo de área e distância entre os elementos. Neste estudo de caso, foi feita uma demonstração da aplicação dos sistemas CAD aos conhecimentos da geometria descritiva dos sólidos obtidos utilizando o software HyperCAL^{3D}, desenvolvido no laboratório Virtual design da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Foram desenhados os diamantes com as geometrias referentes ao cuboctaedro e o octaedro truncado e, assim, foi possível analisar a forma tridimensional da geometria e suas projeções nos planos de projeção do primeiro diedro bem como a aplicação de mudanças de sistemas de referência, método descritivo para obtenção das verdadeiras grandezas dos elementos que compõem o diamante.

A Figura 5 apresenta o desenho do cuboctaedro, e as aplicações de uma mudança de sistema de referência para obtenção de verdadeira grandeza de faces que se encontram em projeção acumulada nas projeções principais do diedro.

Figura 5: Desenho do Cuboctaedro.



(a) Cuboctaedro no sistema tridimensional; (b) Seleção de uma das faces do cuboctaedro.

Também, as projeções do cuboctaedro podem ser analisadas em um plano bidimensional, denominada de Épura, e desta forma é possível realizar as operações desejadas conforme o problema de projeto. Na Figura 6, é apresentado um exemplo de aplicação do método descritivo para obtenção da VG de uma face que se encontra com projeção reduzida, em que são necessárias duas mudanças de sistema de referência. Também foi desenhado no software Hypercal^{3D} o diamante sintético com a forma geométrica do octaedro truncado conforme é apresentado na Figura 7. A Figura 8 apresenta uma mudança de sistema de referência em Épura para obtenção de

verdadeira grandeza.

Figura 6: Mudança Dupla de Sistema de Referência.

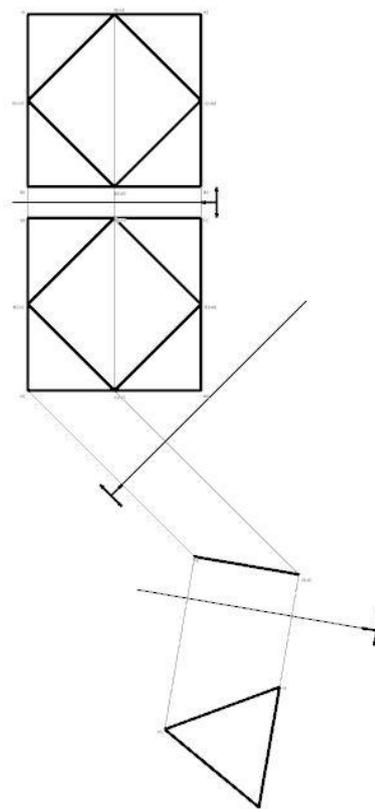
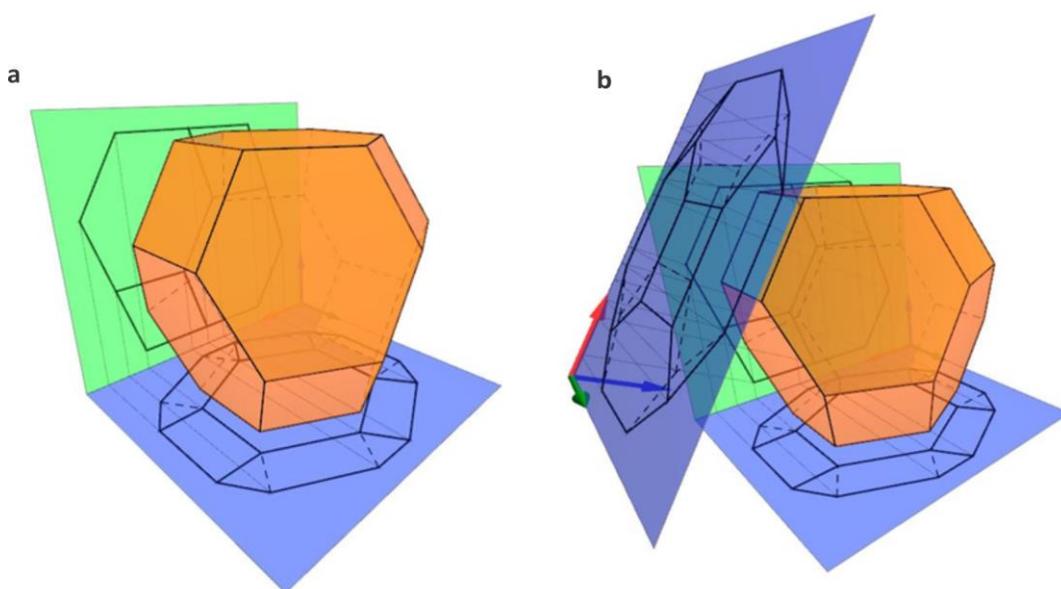
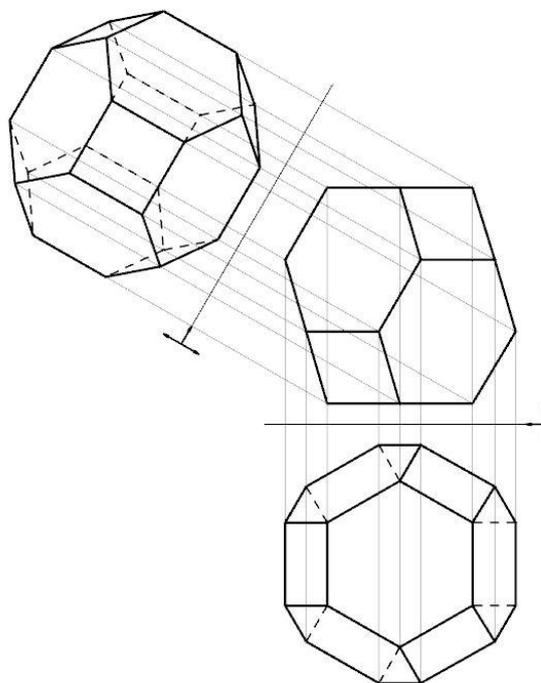


Figura 7: Desenho do Octaedro Truncado.



(a) desenho do octaedro truncado; (b) aplicação de mudança de sistema de referência no sistema tridimensional.

Figura 8: Mudança de Sistema de Referência em Épura.



Foi feito neste estudo de caso, uma demonstração das diversas possibilidades de que o aluno pode realizar para analisar a forma de geometrias e objetos, conseguindo informações necessárias para aplicação em projeto. Outra forma de realizar a análise da forma geométrica pelo aluno é através de modelos físicos destes elementos. Estes modelos físicos são obtidos através de moldes que, por sua vez, podem ser obtidos através da planificação do objeto estudado.

A planificação pode ser realizada a partir das verdadeiras grandezas das faces ou das verdadeiras grandezas das arestas que definem as faces através do processo de triangularização utilizando a técnica de transporte dos polígonos que constituem as faces para a construção do molde (TEIXEIRA et al. 2006).

6.2. Desenho Técnico

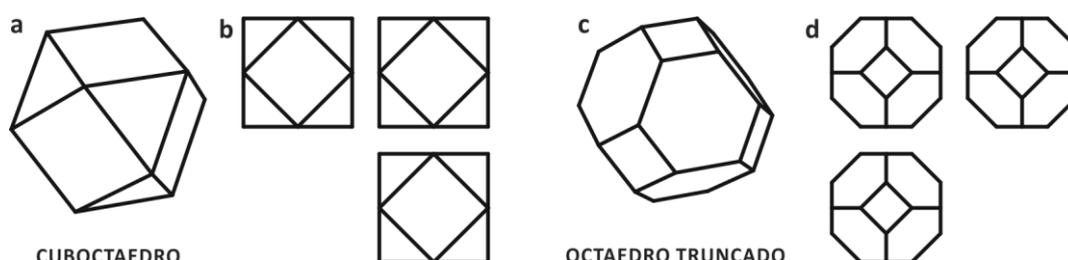
O desenho pode ser definido como uma ideia, um projeto, um plano para a resolução de determinado problema. A partir do momento em que os produtos passaram a ser produzidos em larga escala, fez-se necessária a elaboração de normas industriais para haver uniformidade na execução dos projetos em nível mundial. Essas normas são determinadas, por meio de convênios, em vários níveis. No Brasil, as Normas Brasileiras são estabelecidas pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). Criada em 1940, este é o órgão responsável pela normatização técnica no país, que fornece subsídios para o desenvolvimento tecnológico (TRINDADE, 2002).

A regulamentação NBR 10067/1995 determina os princípios de representação a serem aplicados em todos os desenhos técnicos pelo sistema de vistas ortográficas no primeiro diedro (ABNT, 1995). Esse sistema, desenvolvido por Gaspard Monge no século XVIII, é a base da Geometria Descritiva que, por sua vez, trata da teoria fundamental

sobre a qual se sustenta o desenho técnico moderno. O sistema de representação no primeiro diedro, conhecido como método indireto, é aquele em que o objeto permanece fixo dentro do diedro e o observador move-se ao redor.

Além da representação dos diamantes sintéticos selecionados em perspectiva isométrica (Figura 9a; c), foi feita a representação no sistema de projeção ortogonal conforme a NBR 10067/1995, ou seja, com a posição relativa das vistas no primeiro diedro (Figura 9b; d).

Figura 9: Representação dos Diamantes em Perspectiva Isométrica e no Sistema de Projeção Ortogonal.



CUBOCTAEDRO

OCTAEDRO TRUNCADO

Cuboctaedro em perspectiva isométrica (a) e no sistema de projeção ortogonal (b); Octaedro Truncado em perspectiva isométrica (c) e no sistema de projeção ortogonal (d).

Com a representação das vistas frontal, superior e lateral esquerda, observa-se que ambos os poliedros são simétricos, corroborando a afirmação de Lundy et al. (2010). Portanto, as demais vistas são dispensáveis para a compreensão da geometria dos sólidos.

A partir da análise da forma à luz da Geometria Descritiva e do Desenho Técnico, a etapa seguinte é a construção do modelo virtual. O entendimento e a assimilação da geometria dos sólidos, através da utilização de recursos complementares, tornam o processo de modelagem uma tarefa mais simples.

6.3. Construção do Modelo Virtual

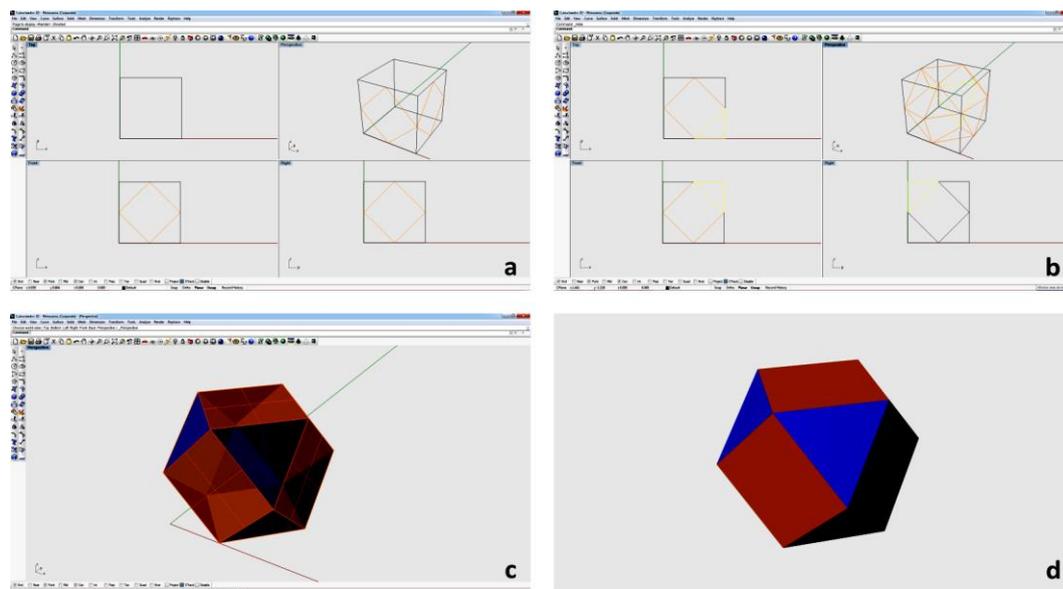
Os modelos 3D virtuais do cuboctaedro e octaedro truncado foram feitos com o auxílio do *software* Rhinoceros 3D. O cuboctaedro possui 14 faces, todas regulares: 8 triângulos e 6 quadrados, 12 vértices e 24 arestas. A determinação dessa configuração, auxiliada pelas projeções ortogonais (Figura 9b), é o ponto partida para o desenho do objeto tridimensional. Primeiramente, constrói-se um cubo, o qual servirá de base para o modelo 3D (Figura 10a). O cuboctaedro é desenhado considerando os pontos médios das arestas desse cubo e unindo esses pontos por outra aresta, pois, eles pertencem a arestas adjacentes da face do cubo. Sendo assim, nas 6 faces do cubo são desenhados os quadrados (Figura 10b). A superfície dos 8 triângulos é construída a partir da união dos vértices dos quadrados. Por fim, são criadas as superfícies para transformar o objeto em um sólido (Figura 10c; d).

Do mesmo modo que o anterior, a primeira etapa para o desenho do octaedro truncado é a construção do cubo base. O octaedro truncado possui 14 faces, todas regulares: 6 quadrados, 8 hexágonos, 24 vértices, 36 arestas. A partir das projeções ortogonais (Figura 9d), parte-se para o desenho tridimensional. Depois de desenhado o

Transdisciplinaridade e Integração de Conteúdos da Geometria Descritiva, Desenho Técnico e Modelagem na Representação de Micropartículas Cristalinas

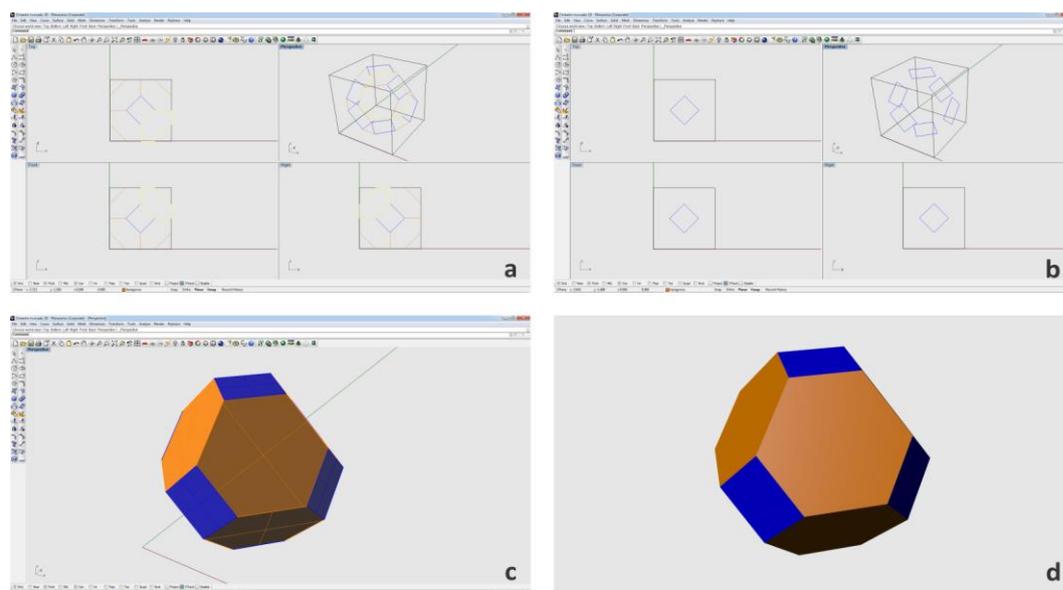
cubo, deve-se construir um quadrado, rotacionado em 45°, no centro de cada uma das faces deste cubo (Figura 11a). Após, os vértices dos quadrados são unidos formando os hexágonos (Figura 11b). Por fim, são criadas as superfícies para transformar o objeto em um sólido (Figura 11c; d).

Figura 10: Construção do Cuboctaedro.



Quadrados desenhados nas faces do cubo (a); união dos vértices para a construção dos hexágonos (b).
Obtenção das superfícies do cuboctaedro (c) e; renderização do objeto (d).

Figura 11: Construção do Octaedro Truncado.



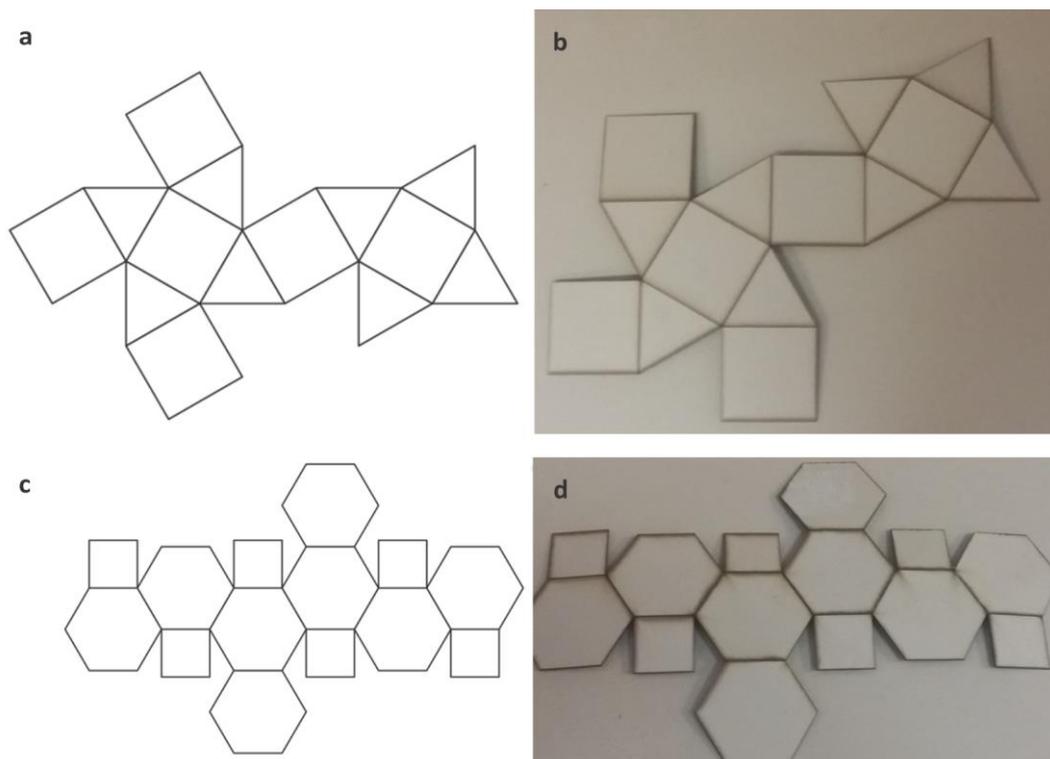
Quadrados desenhados nas faces do cubo (a); união dos vértices para a construção dos triângulos (b).
Obtenção das superfícies do octaedro truncado (c) e; renderização do objeto (d).

6.4. Construção do Modelo Físico

A construção dos modelos físicos dos sólidos estudados é uma etapa fundamental para a aprendizagem baseada em projetos exigida nos cursos de Engenharia, Arquitetura e Design. Uma das fases do projeto é a construção de modelos e protótipos, os quais tem a função de analisar a forma geométrica. Os modelos físicos são construídos a partir da planificação das suas superfícies. Esta etapa é muito importante para o processo de ensino-aprendizagem, pois proporciona um contato efetivo entre o aprendiz e o objeto de estudo através da experiência da manufatura e da experiência tridimensional concreta (TEIXEIRA, et al., 2006)

Após a obtenção das verdadeiras grandezas de todos os elementos que compõem a forma geométrica dos diamantes sintéticos estudados, estes foram planificados e o resultado é apresentado na Figura 12. Após a planificação (Figura 12 a; c), foi realizado um corte utilizando uma cortadora a laser (Figura 12 b; d), e assim foi possível montar os elementos e obter a forma tridimensional física do cuboctaedro e do octaedro truncado.

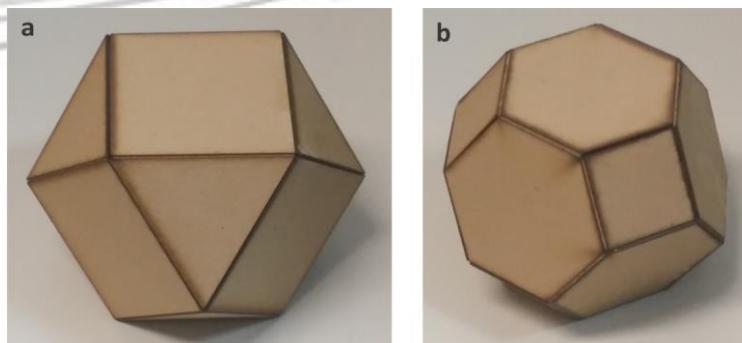
Figura 12: Planificação das Formas Geométricas dos Sólidos Estudados.



Cuboctaedro: planificação (a) e corte para obtenção do modelo físico; Octaedro truncado: planificação (c) e corte para obtenção do modelo físico (d).

A Figura 13 apresenta os modelos físicos obtidos pelo processo de aplicação dos métodos da geometria descritiva.

Figura 13: Modelo Físico das Partículas de Diamantes Analisadas.



(a) modelo físico do cuboctaedro; (b) modelo físico do octaedro truncado.

7. Considerações Finais

Os avanços tecnológicos vêm trazendo grandes mudanças para a sociedade e, conseqüentemente, para o ensino e a aprendizagem. Novas formas de trabalho foram geradas em função das possibilidades que as ferramentas computacionais podem oferecer. No fomento à qualidade do ensino no Brasil, as avaliações do MEC instigam as universidades a se aperfeiçoarem cada vez mais. Isto leva o ensino do Desenho (projeto), assim como a outras áreas de conhecimento, a uma verdadeira revolução no processo de reestruturação dos seus currículos. No contexto do ensino da Representação Gráfica, muitos professores, na busca permanente de atualização metodológica, precisaram renovar as formas de abordagem de ensino, empregadas até então, em função do desenvolvimento da Gráfica Computacional. Novos conteúdos como os conceitos de modelagem geométrica e o desenvolvimento das habilidades relacionadas às ferramentas CAD vêm sendo adicionados às disciplinas de projeto. Colaborando com essa necessidade, neste artigo foi abordado um estudo de caso, que apresenta a relação transdisciplinar entre as disciplinas que envolvem o desenho (projeto) como a geometria descritiva, o desenho técnico, materiais e processos.

A partir do uso da Microscopia Eletrônica de Varredura e do conhecimento da geometria descritiva e do desenho técnico, foi possível analisar a forma geométrica, suas projeções, obter verdadeiras grandezas de faces e a obtenção da planificação da geometria referente aos diamantes sintéticos analisados. Através da planificação e do uso das ferramentas CAD e de uma cortadora a laser foi gerado o modelo físico real. Este modelo físico é extremamente importante nas disciplinas que envolvem o projeto para o processo de ensino-aprendizagem, pois proporciona um contato efetivo entre o aprendiz e o objeto de estudo através da experiência da manufatura e da experiência tridimensional concreta. Portanto, o objetivo do presente artigo foi contemplado na medida em que demonstra a importância da transdisciplinaridade entre os conteúdos que envolvem o projeto. Essa abordagem trás para a sala de aula um novo olhar e uma esperança para melhorar as técnicas de ensino e aprendizagem de geometria descritiva, desenho técnico e modelagem a partir da contextualização prática baseada na observação de micropartículas.

Referências

- ABNT. **NBR 10067: Princípios gerais de representação em desenho técnico**. Rio de Janeiro, 1995.
- ARCHDAILY. **Centro Heydar Aliyev / Zaha Hadid architects**. Disponível em: <<http://www.archdaily.com.br/br/01-154169/centro-heydar-aliyev-zaha-hadid-architects/52852691e8e44e2225000154>>. Acesso em: 21 jul. 2015.
- ARCHIINSIGHT. **Matéria bruta – por que o concreto ainda é a melhor opção para uma arquitetura deslumbrante?** Disponível em: <<http://www.archiinsight.com/site/arquitetura/materia-bruta-por-que-o-concreto-ainda-e-a-melhor-opcao-para-uma-arquitetura-deslumbrante/>>. Acesso em: 21 jul. 2015.
- ARCHITECTURE&LANDSCAPE. **Laser Cut 3D Sliced Models**. Disponível em: <<http://blogs.gre.ac.uk/architecture/2013/08/21/laser-cut-3d-sliced-models/>>. Acesso em: 21 jul. 2015.
- BAGNATO, V. S. **Laser e suas aplicações em ciência e tecnologia**. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2008
- BAUHAUS. **Diagram for the structure of teaching at the Bauhaus**. Disponível em: <<http://bauhaus-online.de/en/atlas/werke/diagram-for-the-structure-of-teaching-at-the-bauhaus>>. Acesso em: 12 jul. 2015.
- BICUDO, M. A. V. Sobre 'A origem da geometria'. In: **Cadernos da Sociedade de Estudos e Pesquisa Qualitativos**. v. 1, São Paulo: A Sociedade, 1990.
- CAMPOS, A. R. S. A. O lugar do desenho técnico na educação profissional de nível médio. In: GRAPHICA - Simpósio Nacional de Geometria Descritiva e Desenho Técnico, 18, 2007, Curitiba. **Anais...** Curitiba, 2007.
- COELHO, E. S.; REGO, R. M. Percepção visio-espacial: combinando representação gráfica e modelagem 3D. In: GRAPHICA - Simpósio Nacional de Geometria Descritiva e Desenho Técnico, 18, 2007, Curitiba. **Anais...** Curitiba, 2007. p. 1 - 10.
- COLAFEMINA, J. P. **Estudo da Microusinabilidade do Ti (CP) e da Liga Ti-6Al-4V no torneamento com ferramenta de diamante**. 2005. 150 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Universidade de São Paulo, São Carlos, 2005.
- FAZENDA, I. C. A. **Integração e Interdisciplinaridade no ensino brasileiro: efetividade ou ideologia?** São Paulo: Loyola, 1979.
- FLORIO, W.; TAGLIARI, A. O uso de cortadora a laser na fabricação digital de maquetes físicas. In: CONVENCION CIENTÍFICA DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA, 14., 2008, La Habana. **Anais...** 2008. p. 1 - 9.
- FONTOURA, A. M. **Bauhaus**. Disponível em: <<http://www.abcdesign.com.br/por-assunto/teoria/bauhaus-a-pedagogia-da-acao/>>. Acesso em: 12 jul. 2015.
- FREITAS, L.; MORIN, E.; NICOLESCU, B. Carta de Transdisciplinaridade. In: **Primeiro Congresso Mundial de Transdisciplinaridade**, 1, 1994, Arrábida. Anexo A. Arrábida, 1994.
- FRENCH, T. E.; VIERCK, C. **Desenho técnico e tecnologia gráfica**. 2.ed., São Paulo, Globo, 1989.
- GOMES, L. V. N. **Desenhismo**. 2.ed. Santa Maria: Ed. da Universidade Federal de Santa Maria, 1996.
- GUIMARÃES, L. M. B. **Desenho, desígnio, desejo: sobre o ensino de desenho**. Teresina: EDUFPI,

1996.

JAPIASSÚ, H. **Interdisciplinaridade e Patologia do Saber**. Rio de Janeiro: Ed. Imago, 1976.

KINDLEIN Jr., W. **Estudo da síntese e caracterização de pó de diamante obtido por altas pressões**. 1999. Tese (Doutorado em Engenharia de Minas, Metalúrgica e de Materiais) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1999.

KOPKE, R. C. M. **Geometria, desenho, escola e transdisciplinaridade: abordagens possíveis para a educação**. 2006. 226 f. Tese (Doutorado em Educação) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2006.

LUNDY, M. et al. **Quadrivium: the four classical liberal arts of number, geometry, music and cosmology**. New York: Walter & Company, 2010.

MARTINO, J. A. **A importância do croqui diante das novas tecnologias no processo criativo**. 2007. 93 f. Dissertação (Mestrado em Desenho Industrial) – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Bauru, 2007.

MATSUBARA, J. et al. A cidade em miniatura: o uso de técnicas de prototipagem digital para a confecção de maquetes urbanas. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE GEOMETRIA DESCRITIVA E DESENHO TÉCNICO, 19., 2009, Bauru. **Anais...** Bauru: Unesp, 2009. p. 1 - 8.

MATSUBARA, J.; CELANI, G. C. Maquetes de papel com o uso da cortadora a Laser. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE GEOMETRIA DESCRITIVA E DESENHO TÉCNICO, 19., 2009, Bauru. **Anais...** Bauru: Unesp, 2009. p. 1 - 8.

MLODINOV, L. **A janela de Euclides**. São Paulo: Geração Editorial, 2004.

NAVEIRO, R. M. et al. **Evolução e Atualidade do Projeto**. In: **O Projeto de Engenharia, arquitetura e desenho industrial**. Juiz de Fora: Ed da UFJF, 2001.

PEREIRA, L. M. et al. Bauhaus: acertos, fracassos e ensino. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISA E DESENVOLVIMENTO EM DESIGN, 9., 2010, São Paulo. **Anais...** São Paulo: Anhembi Morumbi, 2010.

PINHEIRO, O. J.; ROSSI, M. A. A expressão gráfica: transformações histórico-evolutivas conforme as necessidades técnico-artísticas. In: **Revista Educação Gráfica**. Bauru, n. 7, 2003. p.33-45.

ROCHA, I. A. M. **Programa e projeto na era digital: o ensino de projeto de arquitetura em ambientes virtuais interativos**. 2009. 359 f. Tese (Doutorado em Arquitetura) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2009.

ROCHA FILHO, J. B. **Transdisciplinaridade: A Natureza Íntima da Educação Científica**. Porto Alegre: EDIPUCRS, 2007.

SOARES, C. C. P. **Novos paradigmas para as técnicas de representação gráfica: uma abordagem transdisciplinar entre arte e ciência**. 2005. 197 f. Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2005.

SOMMERMAN, A. **Inter ou transdisciplinaridade**. São Paulo: Paulus, 2006.

SOUZA, S. B. I. **Dinamizando o ensino de desenho: análise e proposta metodológica**. Monografia (Especialização). Rio de Janeiro: EBA, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2004.

TEIXEIRA, F. G.; SILVA, R. P.; SILVA, T. L. K.; HOFFMANN, A. T. The descriptive geometry education through the design-based learning. In: international conference on geometry and graphics, 12.,

Transdisciplinaridade e Integração de Conteúdos da Geometria Descritiva, Desenho Técnico e Modelagem na Representação de Micropartículas Cristalinas

2006, Salvador. **Anais...** Salvador, 2006.

TRINDADE, B. **Ambiente híbrido para a aprendizagem dos fundamentos de desenho técnico para as engenharias.** 2002. 188 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2002.

WALTER, Y. **O conteúdo da forma: subsídios para seleção de materiais e design.** 2006. 106 f. Dissertação (Mestrado em Desenho Industrial) – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Bauru, 2006.