

ESTRATÉGIAS PARA O USO DA SIMETRIA NO ENSINO DE PROJETO

MAYER, Rosirene (1); BECK, Mateus Paulo (2); MARCON, Cândida (3); TURKIENICZ, Benamy (4);

(1) Arquiteta e Urbanista, MsC, PROPARG, Faculdade de Arquitetura, Universidade Federal do Rio Grande do Sul
rmayer@portoweb.com.br

(2) Arquiteto e Urbanista, PROPARG, Faculdade de Arquitetura, Universidade Federal do Rio Grande do Sul
mateusbeck@pop.com.br

(3) Ac. de Arquitetura, Bolsista de IC-CNPq, Faculdade de Arquitetura, Universidade Federal do Rio Grande do Sul
candida@metalsinter.com

(4) Arquiteto, Dr, Prof. Titular, PROPARG, Faculdade de Arquitetura, Universidade Federal do Rio Grande do Sul
benamy@portoweb.com.br

Resumo

Este trabalho trata de experiência desenvolvida na disciplina Projeto III do 5º semestre da Faculdade de Arquitetura da Universidade Federal do Rio Grande do Sul voltada para a exploração criativa de formas, através da compreensão da amplitude do conceito de simetria. São descritos exercícios de construção de padrões de simetria utilizando o computador. É verificada a aplicabilidade do conceito na geração de padrões a serem utilizados na geração de projetos. A compreensão do conceito de simetria se traduziu na qualificação dos processos cognitivos utilizados pelos estudantes na elaboração das respostas dadas aos diferentes temas propostos pela disciplina durante o semestre letivo.

Abstract

This paper discusses a pedagogical experience concerned with the effects of the broad understanding, by 5th semester architectural design students of the symmetry concept and the application of this concept in the creative generation of forms. Some exercises with computational support are described and its results commented as to conclude that the experience has definitely influenced in a positive way the student's cognitive process.

1. Introdução

Em sentido restrito o conceito de simetria tem sido referido a simetria bilateral ou reflexão em torno de um eixo bilateral¹. Em termos mais amplos refere-se a toda ocorrência de transformação isométrica que mantém determinada forma invariante. Segundo este conceito, toda a composição que envolver a repetição de uma forma orientada por um ou mais eixos constitui uma composição simétrica. Tal repetição resulta da recursão de transformações isométricas. A noção de simetria em seu sentido mais amplo constitui uma ferramenta para reconhecimento e reprodução de padrões bidimensionais ou tridimensionais. O reconhecimento de formas e padrões constitui um processo fundamental na percepção, compreensão e descrição do que vemos e influencia o desenvolvimento das habilidades cognitivas inerentes ao processo de projeto.

Princípios de ordem, como a simetria, têm sido descritos e utilizados por vários arquitetos em diversas épocas desde Alberti, passando por Leonardo da Vinci, Frank Lloyd Wright, Le Corbusier, Oscar Niemeyer e Santiago Calatrava. A incorporação de princípios de ordem na educação do arquiteto tem, como em Wright, reflexos diretos na percepção de mundo e na capacidade de organização e criatividade. WRIGHT² [1998] afirmava que graças a sua educação logo se tornou “capaz de perceber um padrão construtivo em qualquer coisa que (eu) via”. Segundo MARCH; STEADMAN [1974], parece claro que dois dos arquitetos mais inovadores do século XX, Wright e Corbusier, estavam habilitados para a inovação arquitetônica, em parte pela sua apreciação e profunda compreensão da simetria e da estrutura de padrões. Padrões de simetria em suas

¹ Outro conceito ou entendimento corrente desde a antiguidade é o que relaciona simetria a proporção equilibrada, harmonia.

² Frank Lloyd Wright foi educado em sua infância através do denominado *Kindergarten Method* (Friedrich Fröbel, 1830). O sistema é baseado na utilização de brinquedos educativos constituídos por formas elementares tridimensionais evoluindo para a inclusão de superfícies planas, linhas e pontos, classificados em diversos níveis de aprendizado e aplicados gradualmente, buscando desenvolver a criatividade e diferentes habilidades a partir do contato monitorado pelo educador. A ênfase no treinamento é dada pela noção de ordem e unidade.

diferentes formas constituem uma ferramenta de projeto, não somente na arquitetura, desde a antiguidade em plantas, fachadas, esquadrias, mas também em motivos decorativos na cerâmica, azulejaria, mobiliário, arte e *design* gráfico. Na natureza padrões rigorosos de simetria são encontrados em animais, plantas e cristais (ex. radiolária³; íris, cristais de neve).

A matemática moderna formalizou o conceito de simetria geométrica baseada na idéia de grupos de transformações. Padrões definidos por operações de simetria ou transformações isométricas – translação, rotação e reflexão e composição destas – são classificados como grupos de simetria no plano e simetria cristalográfica (tridimensional). Discretas ou contínuas, as simetrias admitem, além de transformações isométricas que produzem figuras congruentes, dilatações, que produzem figuras similares. Nestes casos, repetições indefinidas de rotação associada à dilatação geram, por exemplo, simetrias encontradas em algumas conchas. “A linha reta e o círculo são os casos limites da espiral logarítmica que surgem na combinação da rotação e dilatação quando um dos dois componentes define a identidade.” [WEYL,1980] A concha *Nautilus* é um exemplo perfeito deste tipo de simetria, assim como a organização das sementes e a disposição das pétalas de um girassol.

Os grupos de simetria planar são classificados de acordo com a sua estrutura translacional em grupos de simetria **central** (*point groups*) (2); de simetria em **frisos** (*frizes*) (7) e simetria em **papel de parede** (*wallpaper*) (17)

Existem dois grupos de simetria central: o cíclico que consiste em repetições de uma rotação simples denominado de **grupo cíclico** C_n e o **diédrico** D_n .⁴ que associa estas rotações a reflexões.

Os grupos de **frisos** são denominados grupo F_n : Dos sete grupos, quatro são baseados na translação e reflexão e três permitem meia volta – rotação de 180°. ⁵ (MARCH,STEADMAN,op.cit)

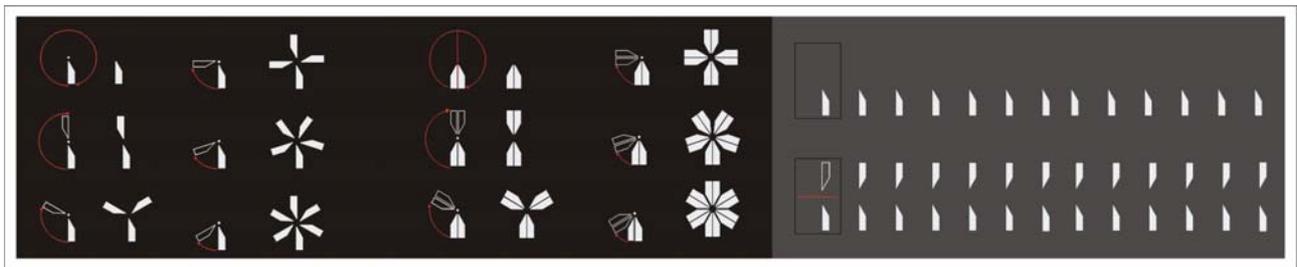


Figura 1 – EXEMPLOS DE SIMETRIA CENTRAL E EM FRISOS

Os grupos de **papel de parede** são denominados grupos W_n .⁶ Em duas direções quaisquer dois vetores distintos são suficientes para determinar um terceiro, de modo análogo às duas coordenadas requeridas para especificar um ponto no plano. Em geral qualquer combinação de translações no plano pode ser reduzida a duas translações distintas T_1 e T_2 . Qualquer grupo de simetria no plano será baseado sobre a malha gerada por T_1 e T_2 . Dentro desta malha o número máximo de rotações possíveis é 6. ⁶(MARCH,STEADMAN,op.cit)

³ O trabalho de Haeckel, naturalista alemão do início do séc. XX, que descreve através de desenhos inúmeros organismos é um verdadeiro códex da simetria natural. [WEYL, 1980].

⁴ O índice n corresponde ao nº de operações.

⁵ Nestes casos é utilizada a notação F_{n-n} para frisos e W_{n-n} para papéis de parede onde o primeiro índice corresponde ao tipo de padrão friso ou papel de parede e o segundo o número de operações.

⁶ Esta é conhecida como restrição cristalográfica.

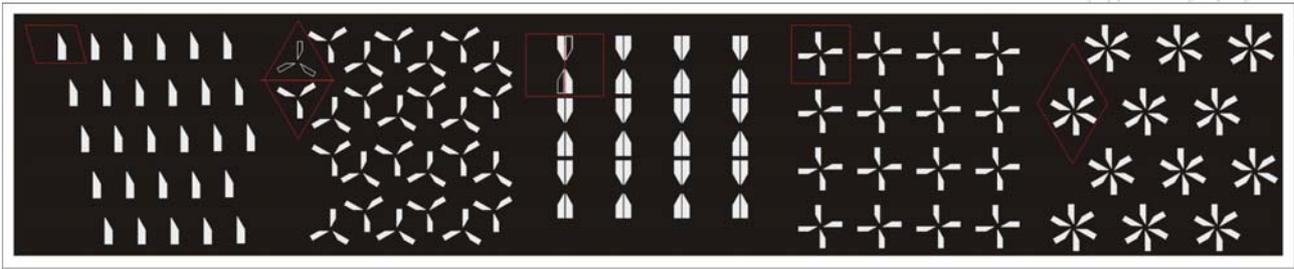


Figura 2 – EXEMPLO SIMETRIA EM PAPEL DE PAREDE

O número de grupos de cada tipo resulta das possibilidades de organização para cada regra. Na simetria plana este número é reduzido, na simetria cristalográfica o número de alternativas possíveis aumenta para 230.

Tay Kheng Soong (2005) argumenta que composições arquitetônicas *coerentes* são constituídas, entre outras propriedades, “por partes afins, simétricas, visualmente equilibradas ou simetricamente rotacionadas e, por último, consistem em padrão reconhecível de entidades que se repetem”⁷. As idéias como as de Soong nos estimularam a propor uma instrumentação de estudantes de arquitetura de 5º semestre⁸ da Faculdade de Arquitetura da Universidade Federal do Rio Grande do Sul voltada para a utilização dos conceitos de simetria na exploração criativa de formas. A estratégia utilizada parte da estruturação de exercícios específicos como tática para levar os estudantes a terem uma compreensão ampliada do conceito de simetria. A idéia que precede os exercícios é confirmar as afirmações de Soong sobre *coerência arquitetônica* em que se uma turma inteira utilizasse de forma consistente princípios de simetria em composições de objetos até que ponto o resultado apresentado por estes estudantes seria superior ao apresentado por estudantes de semestre anterior (da mesma disciplina) que não foram instrumentados. Além deste objetivo, um ulterior foi o de estender aos estudantes uma visão ampliada das possibilidades de utilização de programas CAD na fase de concepção de projetos visto serem estes programas utilizados quase que exclusivamente para editar desenhos. Este trabalho descreve experiência em curso durante o primeiro semestre de 2005 e está dividido em três partes.

Na seção seguinte é descrita a metodologia de aplicação dos exercícios de simetria. São descritos materiais e métodos na seção 2, exemplos na seção 2.1. e a respectiva análise na seção 2.2.. A seção 3 descreve a aplicação dos padrões associada ao conceito de função emergente e a última seção as conclusões parciais sobre os resultados obtidos.

2. Exercícios de simetria: materiais e métodos

Dois exercícios de transformação de objetos funcionais, descritos em WESTPHAL. et al (2005) antecederam os exercícios de simetria, fornecendo em alguns casos a forma inicial.

Os exercícios de simetria foram desenvolvidos em três etapas. A primeira propõe a criação de composições planas baseadas nos grupos de simetria a partir do objeto funcional ou de suas variações. A segunda estimula aplicações para os padrões de simetria criados, contextualizando-os em diferentes situações de uso apresentadas através de desenhos e fotomontagens. Na terceira, os alunos exploram possíveis desenvolvimentos tridimensionais dos padrões de simetria criados no exercício anterior com o auxílio de modelos físicos.

Para a realização da primeira atividade foi sugerido o uso do programa computacional AutoCAD, através de metodologia desenvolvida por CELANI (2003). Celani utiliza ferramentas do programa

⁷ Soong enfatiza que a coerência arquitetônica também se manifesta quando os objetos são compostos essencialmente por formas geométricas primárias; quando os arranjos organizam de forma autônoma seu espaço e quando as composições guardam uma afinidade com o entorno.

⁸ A disciplina Projeto III totaliza aproximadamente 150 horas/aula distribuídas em 15 semanas de atividade didática. Este trabalho corresponde à experiência da turma de 35 alunos do 1º semestre de 2005.

para permitir a geração, visualização, alteração e atualização de composições simétricas. O primeiro procedimento, denominado “**Composições Simétricas Semidinâmicas**” CSS (CELANI op.cit., pp. 5-6), consiste no desenho e inserção de *blocks*⁹ (blocos), entidades do AutoCAD compostas por outros objetos, que são arranjados em diferentes composições simétricas através dos comandos *rotate*, *mirror* e *array* (rotar, espelhar e serializar). A alteração do *block*, com a redefinição de seus objetos, posição ou escala, permite a atualização automática das composições criadas com o mesmo. O outro método apresentado, “**Composições Simétricas Dinâmicas**” CSD (CELANI op.cit., pp. 6-19), utiliza múltiplas *viewports*, (janelas para visualização) para permitir a visualização em tempo real dos objetos desenhados multiplicados e arranjados em diferentes composições simétricas.

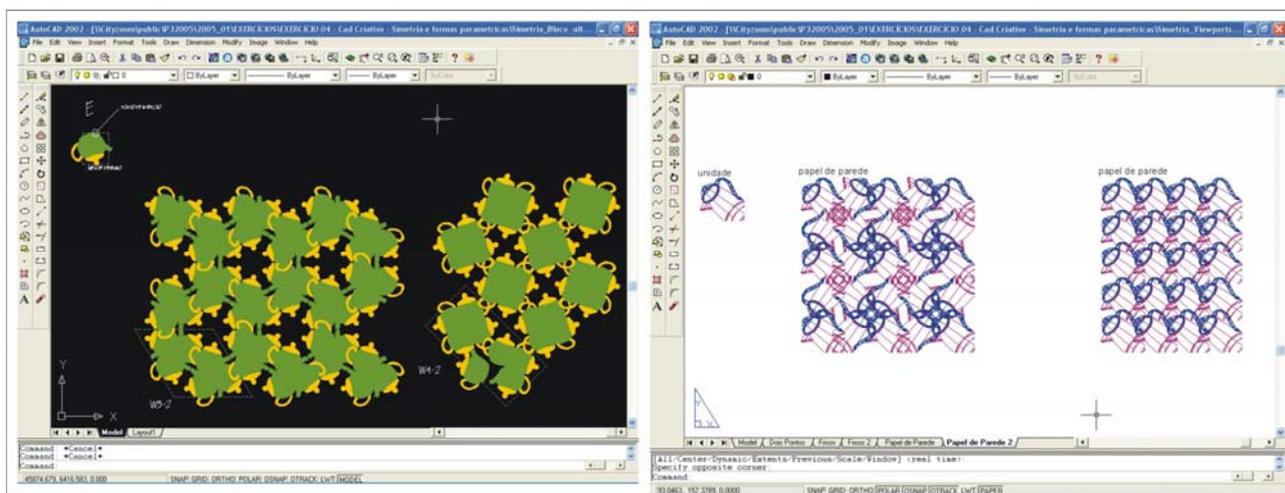


Figura 3 – AMBIENTES COMPUTACIONAIS PARA COMPOSIÇÕES SIMÉTRICAS SEMIDINÂMICAS E COMPOSIÇÕES SIMÉTRICAS DINÂMICAS

Foram fornecidos aos alunos dois arquivos de AutoCAD pré-configurados, um com o desenho dos grupos de simetria utilizando o CSS, e outro com alguns tipos de simetria configurados utilizando CSD. A utilização de arquivos pré-configurados dispensa um conhecimento aprofundado do programa computacional utilizado para realizar a atividade. Nos arquivos gráficos os alunos deveriam representar seu objeto de estudo, ou alguma variação do mesmo criada nos exercícios anteriores de exploração da forma e contextualização. O objeto deveria ser representado através de suas vistas, modelos tridimensionais, ou ainda com a inserção de fotografias do mesmo.

A seguir são apresentados o desenvolvimento dos exercícios e relacionados exemplos.

2.1. Exemplos

2.1.1. Etapa 1 – Construção de padrões de simetria

Nesta etapa cada estudante escolheu uma vista esquemática do seu objeto ou parte do objeto para constituir a unidade inicial do padrão. A seguir apresentamos exemplos dos resultados da aplicação dos procedimentos do tipo CSS e CSD.

Os exemplos 1, 2 e 3 se originaram no resultado da exploração da forma de um disco de vinil, que foi desenhado no arquivo pré-configurado com CSD. As *viewports* foram levemente sobrepostas, criando padrões contínuos do tipo W_4 . Os exemplos 4 e 5 foram feitos com o mesmo método e a partir da exploração da forma de um porta-CDs, criando papéis de parede do tipo W_2 . Os exemplos 6 e 7 foram feitos a partir do desenho da vista lateral de uma caixa de fita VHS aberta. Com o uso de CSD foi gerado um papel de parede W_4 , além de frisos no exemplo 7.

⁹ O bloco resulta do agrupamento de varias entidades (linhas, pontos, superfícies e volumes) em uma única entidade.

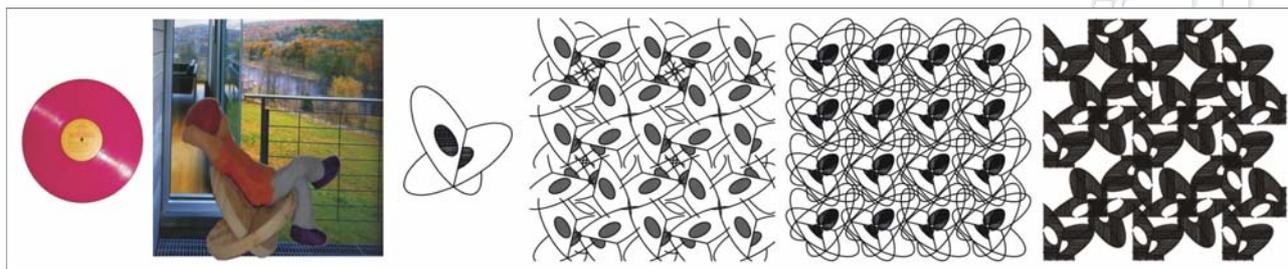


Figura 4 – OBJETO FUNCIONAL, EXPLORAÇÃO DA FORMA, UNIDADE, EXEMPLOS 1 - 2 - 3 (Raquel Greve)

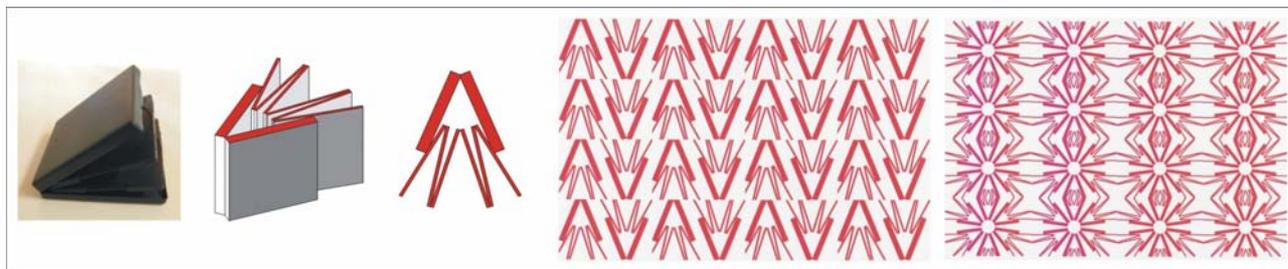


Figura 5 – OBJETO FUNCIONAL, EXPLORAÇÃO DA FORMA, UNIDADE, EXEMPLOS 4 - 5 (Carlos Weidlich)



Figura 6 – OBJETO FUNCIONAL, UNIDADE, EXEMPLOS 6 - 7 (Franciele Granada)

Os exemplos 8 e 9 criados com o uso do arquivo pré-configurado como CSS, são simetrias do tipo W_4 , originadas partindo da representação de uma caixa de fita cassete. O exemplo 8 baseia-se num desenho tridimensional com linhas, e no exemplo 9 a representação anterior é substituída por superfícies preenchidas. A partir da vista lateral de uma caixa de fita VHS foram produzidos os exemplos 10, 11 e 12, através do uso do arquivo com CSS. Os exemplos 10 e 11 constituem papéis de parede do tipo W_6 , o exemplo 12 é um papel de parede $W_{3.2}$. Os exemplos 13 a 15 são papéis de parede criados com o mesmo método a partir do desenho da vista lateral de uma caixa de fósforos. O exemplo 13 é do tipo $W_{2.2}$, o exemplo 14 do tipo W_2 e o exemplo 15 do tipo $W_{3.2}$.

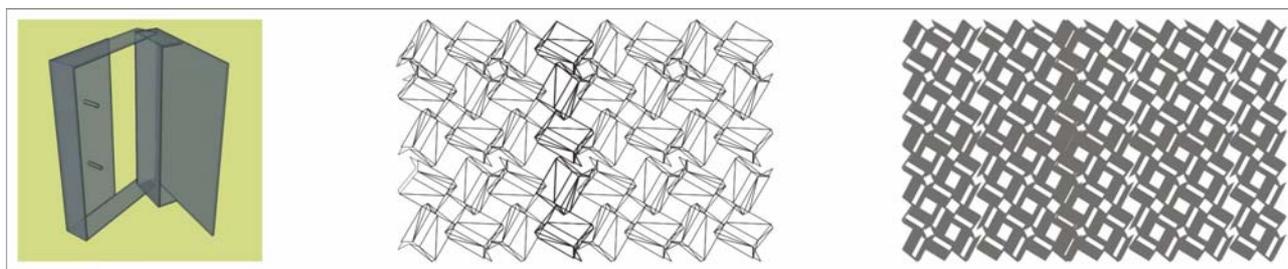


Figura 7 – OBJETO FUNCIONAL, EXEMPLOS 8 - 9 (Marcelle Bredi)

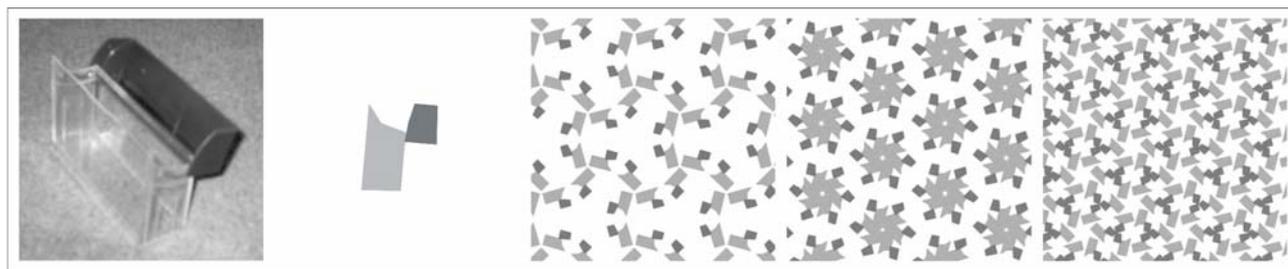


Figura 8 – OBJETO FUNCIONAL, UNIDADE, EXEMPLOS 10 - 11 - 12 (Juliana Parise)

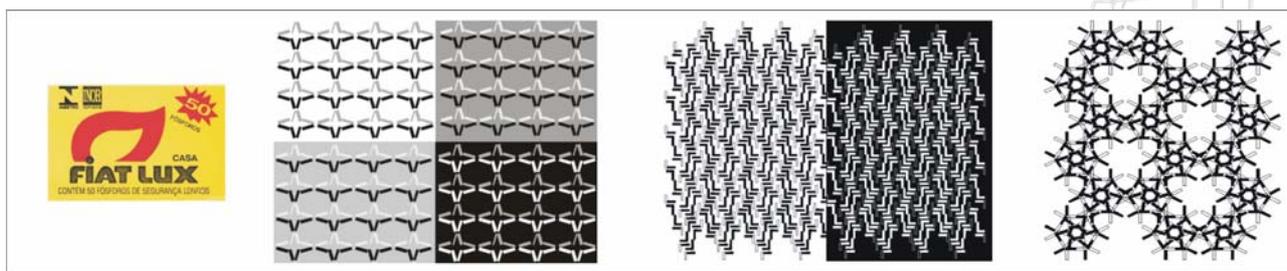


Figura 9 – OBJETO FUNCIONAL, EXEMPLOS 13 - 14 - 15 (Paola Escuder)

2.1.2. Etapa 2 – Contextualização

Na etapa dois, os padrões resultantes foram contextualizados buscando ampliar a percepção dos estudantes sobre possíveis aplicações dos resultados alcançados. O exemplo 16 reproduz a contextualização de um padrão de simetria do tipo W_2 , criado a partir de um porta-CDs. O exemplo 17 aplica sobre uma estampa têxtil o padrão de simetria do tipo W_4 , gerado a partir do interior de um caleidoscópio. Os dois exemplos utilizam padrões de simetria gerados com uso de CSD.

Os exemplos 18, 19 e 20 foram produzidos a partir de uma caixa de fita cassete. O primeiro utiliza como tatuagem três composições centrais cíclicas do tipo C_5 . O exemplo 19 utiliza como estampas de camisetas as mesmas composições do exemplo anterior, além de um friso do tipo F_1 , formado por unidades cíclicas do tipo C_4 . O exemplo 20 contextualiza um padrão W_2-3 como placas de forro ou refletores.



Figura 10 –PADRÃO, EXEMPLO 16 (Carlos Weidlich) - OBJETO FUNCIONAL, EXPLORAÇÃO DA FORMA, PADRÃO, EXEMPLO 17 (Camila Bernadeli)



Figura 11 – OBJETO FUNCIONAL, PADRÃO, EXEMPLO 18 - PADRÃO, EXEMPLO 19 - PADRÃO, EXEMPLO 20 (Marcelle Bridi)

2.1.3. Etapa 3 - Construção tridimensional

A etapa 3 consistiu na modelagem tridimensional de um padrão de simetria procurando desenvolver a atenção dos estudantes para o potencial de derivação volumétrica dos padrões originalmente bidimensionais. A sugestão dada aos estudantes foi de que procurassem visualizar, nas figuras elaboradas, planos horizontais nos espaços vazios e bordas nas linhas. Estas linhas, por sua vez, poderiam também originar planos verticais ou servirem de diretriz para deslizamentos de planos horizontais. A etapa 3 foi desdobrada em dois exercícios. No primeiro procurou-se estimular os estudantes a criarem derivações volumétricas sem qualquer referência a programas ou temas funcionais. No segundo exercício foi sugerido aos estudantes que explorassem as formas tendo como referencia usos ou funções.

2.1.3.1 Exercício 1: exemplos

O exemplo 21 foi produzido com o padrão de simetria W_1 e o modelo apresentado confeccionado com discos de sabão de glicerina sobrepostos. Com o auxílio de iluminação, o padrão de simetria emerge pela transparência dos discos. O exemplo 22 foi originado em caixa de CD e refere o movimento de abertura da tampa da caixa. O padrão gerado, do tipo W_3 , foi tridimensionalizado reproduzindo a idéia de movimento entre as partes. O exemplo 23 partiu de um padrão de simetria W_4 , em que as figuras em forma de “L” foram extrudadas, sendo construídas com perfis de alumínio cortados.

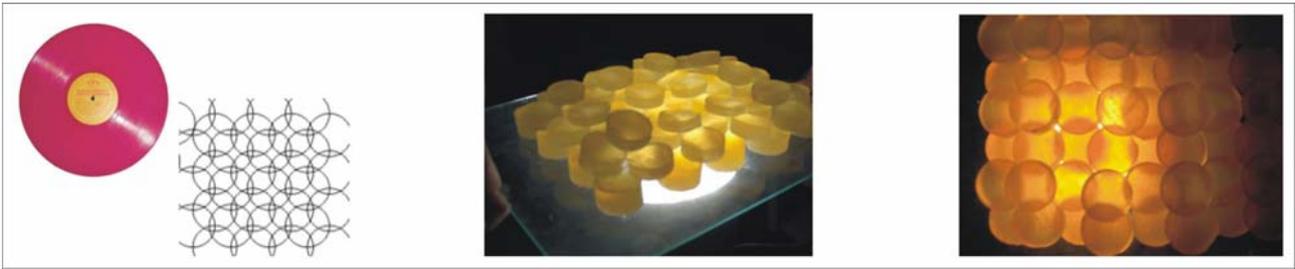


Figura 12 – OBJETO FUNCIONAL, PADRÃO, EXEMPLO 21 (Raquel Greve)

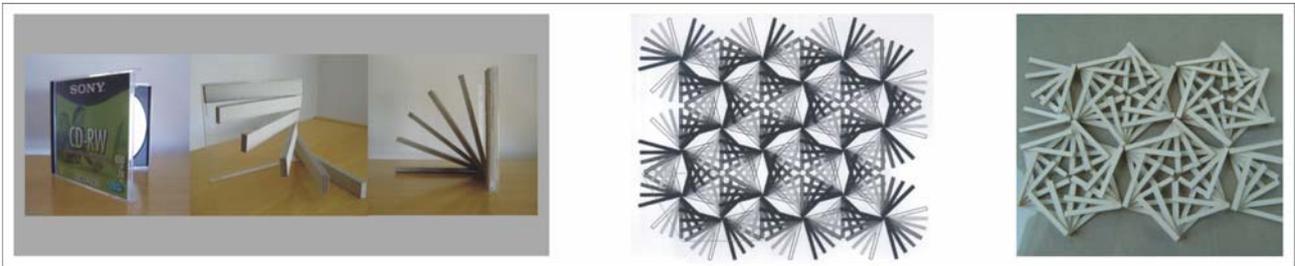


Figura 13 – OBJETO FUNCIONAL, EXPLORAÇÃO DA FORMA, PADRÃO, EXEMPLO 22 (Sandra Becker)

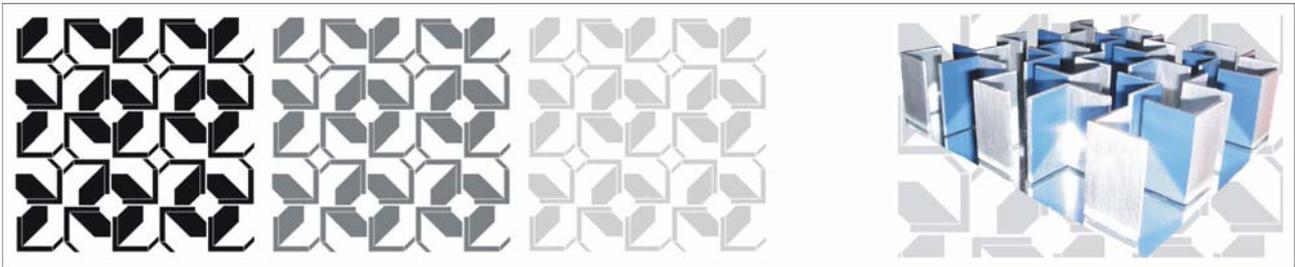


Figura 14 – PADRÃO, EXEMPLO 23 (Miguel Esnaola)

2.1.3.2 Exercício 2 (funções emergentes): exemplos

O exercício de construção tridimensional serviu de base para a exploração de usos para os planos horizontais gerados. Os estudantes foram estimulados a atribuir usos (funções) aos planos sem ter, a priori, um programa definido. As definições de programas (residencial, trabalho, etc.) partiram dos próprios estudantes que deveriam visualizar funções possíveis para os espaços gerados. A emergência de funções deveria se constituir em catalisador da busca em que, se de um lado a figura sugere uma função, por outro a relação entre uma função designada e as opções dadas pelo arranjo de linhas e planos existentes acaba por “balizar” o olhar dos estudantes para encontrar no padrão a combinação geométrica mais favorável para o uso desejado. A seguir são exemplificados os resultados.

- O exemplo 24 foi produzido através de um padrão W_4 baseado na exploração de caixa de sabonete. Foram identificados nos padrões funções como estar, vestir, cozinhar e comer.
- O exemplo 25 utilizou igualmente um padrão W_4 , originado num estojo, do qual foi selecionada uma parte. Foram definidos planos verticais, horizontais e inclinados, com a distribuição de funções em dois pavimentos. Nos planos inclinados foram identificadas rampas e no pavimento inferior as funções trabalhar e descansar, cozinhar e comer. Ao

pavimento superior foram atribuídas as funções estudar e dormir. As linhas do padrão foram utilizadas na divisão dos espaços em planta e para orientar as formas dos planos verticais e inclinados.

- O exemplo 26 partiu de um padrão W_{4-2} originado na vista lateral de uma caixa de balas. Também aproveitou as formas identificadas no padrão tanto em planta quanto na volumetria do modelo, identificando no plano inferior as funções de circular e trabalhar, no plano superior as funções dormir e, na área externa, sentar e repousar.
- O exemplo 27 originou-se no mesmo padrão de simetria utilizado na terceira etapa do exercício de simetria. Foi utilizado em três direções, em planta e nas verticais. Os espaços criados para dormir, comer, trabalhar e descansar são resultado da interseção dos três desenhos.

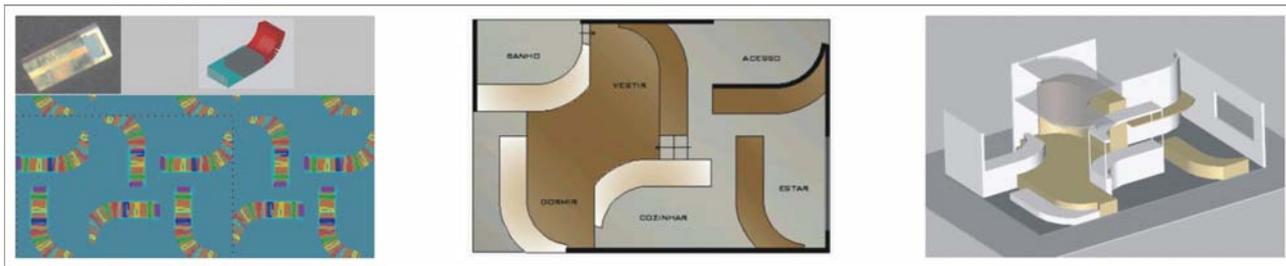


Figura 15 – OBJETO FUNCIONAL, EXPLORAÇÃO DA FORMA, PADRÃO, EXEMPLO 24 (Fabrícia Grandó)

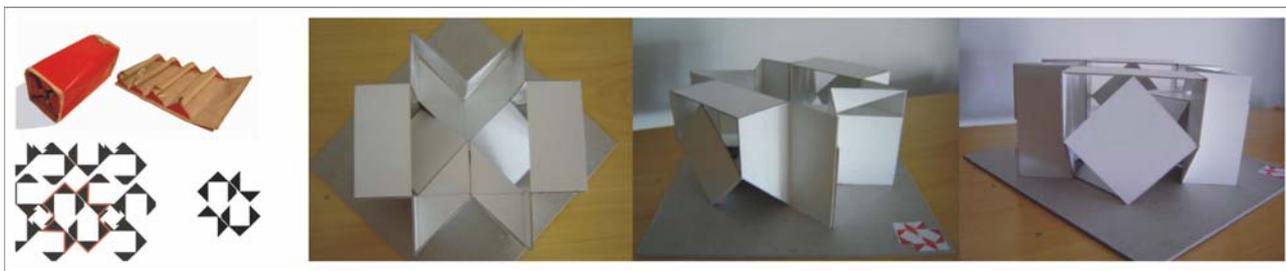


Figura 16 – OBJETO FUNCIONAL, PADRÃO, EXEMPLO 25 (Vanessa Zechin)

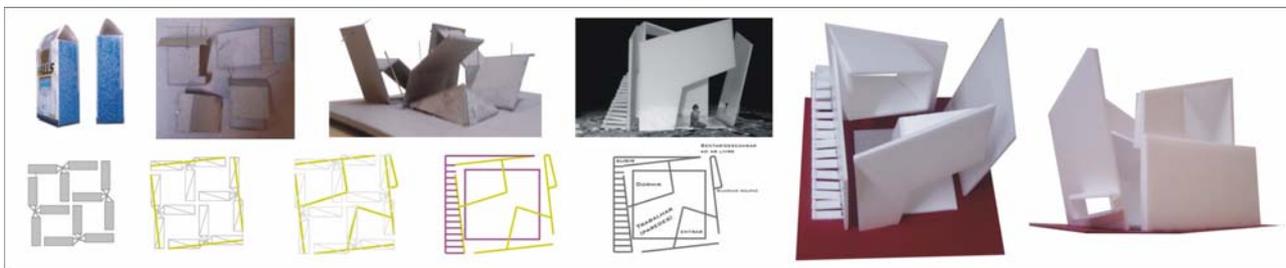


Figura 17 – OBJETO FUNCIONAL, PADRÃO, ESTUDOS, EXEMPLO 27 (Cássio Sauer)

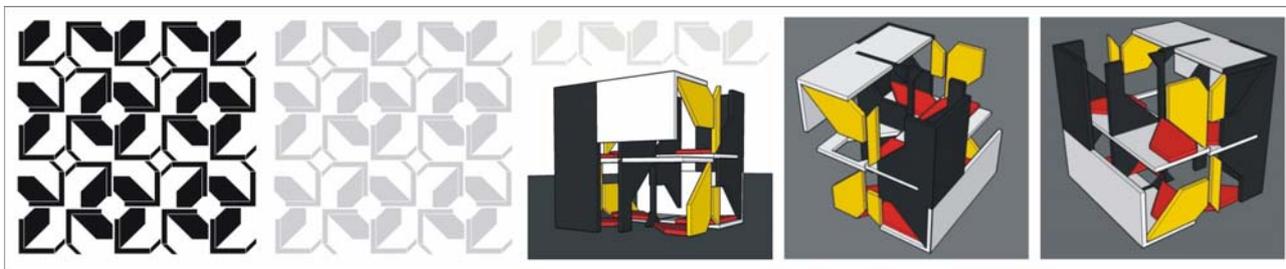


Figura 18 – PADRÃO, EXEMPLO 26 (Miguel Esnaola)

2.2 Análise dos resultados

Os resultados apresentados foram não só influenciados pelo objeto escolhido por cada aluno, como pelo ângulo de visualização do objeto¹⁰ e modo de representação¹¹ utilizado. A diversidade de ângulos de visualização permitiu que alunos que tivessem trabalhado a partir de objetos semelhantes obtivessem resultados diferentes entre si, como se observa nos padrões de simetria gerados a partir da vista lateral de caixas de fita VHS. (exemplos 6-7 e 10-11).

Os resultados foram avaliados de acordo com critérios de unidade/continuidade, referidos respectivamente à criação de composições de unidades isoladas (exemplos 6, 10, 13, 18, 20) ou padrões contínuos (exemplos 1-5, 7-9, 11-12, 14-17, 19). Na criação de unidades isoladas, a identificação, tanto do módulo gerador, quanto das operações de simetria realizadas é mais evidente. As composições que criam padrões contínuos de friso ou papel de parede são, portanto mais elaboradas, podendo fornecer melhores resultados. No método das CSD, a unidade/continuidade depende da escala do desenho em relação ao tamanho da *viewport*. Desenhos iniciais menores geram padrões de unidades isoladas e desenhos maiores são cortados pela *viewport*, influenciando na percepção da composição como figura mais abstrata. A continuidade do padrão através de uma maior sobreposição das figuras iniciais só pode ser obtida com a alteração da disposição prévia das *viewports*, sendo necessária uma redefinição do arquivo inicial. Já no método que utiliza CSS, a unidade/continuidade depende apenas da escala de representação do objeto em relação à distância entre os blocos inseridos previamente, as figuras nunca são cortadas, e diferentes relações podem ser testadas em um mesmo arquivo pré-configurado.

Os resultados também foram influenciados pelo modo de representação do objeto inicial¹². Os melhores resultados foram os padrões de simetria gerados a partir de uma combinação de linhas e superfícies preenchidas. (exemplos 4-5, 6, 14-15, 17) Em segundo plano aparecem os padrões criados apenas com superfícies preenchidas (exemplos 3, 9, 10-11). Os resultados menos expressivos foram os padrões criados com o uso apenas de linhas (exemplos 1 e 8). Outra estratégia que produziu bons resultados foi o uso de fundo nas composições associado ao preenchimento gradiente das figuras. (exemplos 6-7, 13-15) O trabalho realizado a partir da inserção de fotografias ou modelos tridimensionais realísticos dos objetos iniciais não obteve resultados significativos, provavelmente devido à interferência do enquadramento retangular da foto. A elaboração dos padrões em estampas inspirou a posterior confecção de *T-shirts* pelos alunos da disciplina.¹³

A etapa dois, de contextualização dos resultados mostrou-se fundamental para uma maior compreensão da pertinência do exercício considerando o reconhecimento da aplicabilidade dos conceitos em situações reais.

Na terceira etapa os melhores resultados foram obtidos por estudantes que procuraram explorar as possibilidades oferecidas por figuras tridimensionais associadas a distintos materiais (exemplo 21). Num primeiro momento, os alunos tiveram dificuldade para conceber objetos tridimensionais a partir dos padrões de simetria criados em duas dimensões. Deste modo, os movimentos iniciais ficaram limitados a elevação das linhas como planos verticais (paredes). Esta limitação talvez não tenha permitido que os estudantes atingissem o mesmo grau de abstração empregado em exercícios anteriores. A eleição de algumas linhas extraídas do padrão de simetria e a sua extrusão de maneira uniforme resultou em composições banais (exemplo 23) Este comportamento levou à discussão da cultura dominante no processo de projeto em que a volumetria da obra é obtida “levantando-se” as paredes a partir da planta.

¹⁰ Ângulo de visualização aqui se refere à posição do objeto em relação ao sistema de coordenadas do programa computacional.

¹¹ Os modos de representação utilizados foram desenhos com linhas, com superfícies preenchidas, com ou sem fundo, ou fotografias ou maquetes eletrônicas do objeto funcional.

¹² Idem.

¹³ As camisetas foram vendidas pelos alunos para custear parte da viagem de estudos realizada no semestre, além de divulgar dentro e fora da faculdade o trabalho realizado.

A crítica feita pelos professores ao resultado do exercício 1 da etapa 3 e a adição da função como referência levou os estudantes a um grau de exploração bastante satisfatório. A identificação de funções estabeleceu referências para a diferenciação de espaços e formas a partir dos padrões de simetria bidimensional. Ao responder às funções programáticas, as propostas em sua maioria preservaram na volumetria a memória do padrão bidimensional nas quais se originaram, quesito considerado fundamental no enunciado do exercício.

4. Conclusões

As duas primeiras etapas dos exercícios demonstraram que vinculado a programas computacionais, o conceito de simetria pode ser utilizado como ferramenta na exploração e criação de formas. Os resultados da terceira etapa do exercício de simetria apontam para uma hipótese que pode motivar futuras investigações. A dificuldade inicial na exploração e concepção de formas tridimensionais evidenciada no exercício 1 sugere um repertório plástico pouco desenvolvido por parte dos alunos. No exercício seguinte, com o reconhecimento e escolha de formas balizados pela busca da função observa-se um visível aumento no repertório dos alunos quanto a formas inovadoras para abrigar funções conhecidas. Esta constatação reforça a hipótese inicial sobre a importância da exploração dos conceitos de simetria no processo cognitivo do projeto. Os estudantes, ao lançarem mão de formas inusitadas para abrigar programas conhecidos incorporam estratégias de composição que serão utilizadas na solução de programas arquitetônicos de diferentes naturezas. A ampliação do repertório dos alunos é vista, deste modo, como estratégia importante na formação das habilidades cognitivas utilizadas na resolução de problemas de projeto. Os conhecimentos sobre simetria, assim como outras ferramentas relacionadas à compreensão da sintaxe da forma podem ser a chave para a formação destas habilidades. Da mesma maneira a exploração dos meios de representação e por outro lado a inclusão do computador como ferramenta generativa de projeto e não apenas de representação poderá representar um incremento significativo na capacidade de testar e avaliar alternativas. Pesquisas relativas ao impacto destas ferramentas aliadas ao conhecimento sobre sintaxe geométrica da composição são necessárias à construção de uma didática especificamente voltada para o desenvolvimento cognitivo no ensino de projeto.

5. Referências

- Celani, G., *CAD criativo*. Campus, Rio de Janeiro: 2003.
- March, L.; Steadman, J.P. *The Geometry of Environment*. Methuen & Co, London:1974.
- Soon, Thay Kheng . *Changing Technology, Changing Style; From Mechanical Order to Natural Order*. NUS School of Architecture, www.akitektenggara.com/articles/2005/biomorphism.htm: 2005
- Weyl, H. *Simetria*. Baranauskas, V. (trad.) Edusp, São Paulo,1997.
- Westphal, Eduardo; Cavalheiro, Maria Helena; Turkienicz, Benamy. (2005) *Função Ampliada, Flexibilidade e contextualização*. Artigo submetido ao Seminário Projetar 2005, II Seminário sobre ensino e pesquisa em projeto de arquitetura: rebatimentos, práticas, interfaces. Rio de Janeiro, 2005.
- Wright, F. L., *An American Architecture*. Barnes & Noble, New York:1998.