

GRAMÁTICA DO PARADOXO

A REPRESENTAÇÃO DA IMPOSSIBILIDADE AXONOMÉTRICA

Mariana Catarina Canez Lopes de Albuquerque

Dissertação elaborada para obtenção do Grau de Mestre em Arquitetura com
Especialização em Interiores e Reabilitação do Edificado

Orientação Científica:

Doutor Arquitecto José Nuno Dinis Cabral Beirão

Júri:

Presidente: Jorge Luis Firmino Nunes

Vogal: Nuno Filipe Santos de Castro Montenegro

Orientador: José Nuno Dinis Cabral Beirão

Documento Definitivo

Lisboa, FA ULisboa, Janeiro, 2020

RESUMO

Esta dissertação aborda transformações arquitetônicas e como elas manipulam ilusões ópticas, interferindo na percepção e cognição do Ser Humano. Falamos sobre a Teoria da Gestalt, entendendo aspectos universais da percepção e abordando estudos relacionados à "Teoria da Forma".

As regras axonométricas emergem com grande relevância neste contexto, facilitando a compreensão do mundo da ilusão de óptica. Compreender melhor as regras da ilusão de ótica fornecerá mais controle sobre os desenhos arquitetônicos, manipulando de maneira deliberada representações perceptivamente enganosas.

Como base para este projeto, apresentaremos várias fases do trabalho de Maurits Escher, onde ele trabalha com representações e configurações axonométricas, bem como com ilusões de óptica. Para desenvolver o projeto, identificamos o jogo Monument Valley, estudando como as representações axonométricas são aplicadas em ilusões espaciais e como os autores conseguiram manobrar os elementos arquitetônicos.

Finalmente, para idealizar um jogo digital, estudamos Peter Eisenman, pois este desenvolveu os seus projetos para as House II e House VI, trabalhando com transformações semelhantes, matrizes de elementos, rotações, juntamente com as regras de ilusão de óptica de Escher, tais como o Triângulo de Penrose, o Cubo de Necker e o Tridente Impossível, que serão reproduzidas para criar um protótipo de jogo de computador onde o objetivo é transformar a House II e a House VI, aplicando a sequência correta de transformações, incluindo as ilusões de óptica.

PALAVRAS-CHAVE

Maurits Escher | Manipulação da arquitectura | Jogos digitais | Ilusão de óptica | Paradoxos

ABSTRACT

This dissertation discusses architectural transformations and how they manipulate optical illusions, interfering with the perception and cognition of the Human Being. We talk about the Gestalt Theory, understanding universal aspects of perception and approaching studies related to the "Theory of Form".

The axonometric rules emerge with big relevance in this context facilitating the understanding of the world of optical illusion. Understanding better the rules of optical illusion will provide more control over architectural drawings manipulating in a deliberate way perceptually misleading representations.

As a basis for this project, we will present several phases of Maurits Escher work, where he works with axonometric representations and configurations as well as optical illusions. To develop the project, we identify the Monument Valley game by studying how its axonometric representations are applied in spacial illusions and how their authors managed to manoeuvre the architectural elements.

Finally, to idealize a digital game we studied Peter Eisenman because he develop his designs for Houses II and VI working with similar transformations, namely element arrays, rotations, together with Escher's optical illusion rules, Penrose Triangle, Necker's Cube and the impossible Trident, and reuse them to create a computer game prototype where the aim is to transform House II into House VI by applying the correct sequence of transformations including the optical illusions.

KEYWORDS

Maurits Escher | Architecture manipulation | Digital games | Optical illusion | Paradoxes

ÍNDICE

| | |
|--|-----------|
| RESUMO | iii |
| ABSTRACT | v |
| ÍNDICE | vii |
| ÍNDICE DE FIGURAS..... | ix |
| LISTA DE ABREVIATURAS E ACRÓNIMOS | xiii |
| 1. INTRODUÇÃO..... | 1 |
| 1.1 ENQUADRAMENTO TEÓRICO..... | 1 |
| 1.2 OBJECTIVOS..... | 5 |
| 1.3 QUESTÃO DE PARTIDA..... | 5 |
| 1.4 ESTRUTURA DO DOCUMENTO | 5 |
| 1.5 METODOLOGIA | 6 |
| 2. (IR)REALIDADE DO ESPAÇO | 9 |
| 2.1 PERCEPÇÃO E COGNIÇÃO HUMANA..... | 10 |
| 2.2 MANIPULAÇÃO DO MUNDO ARQUITECTÓNICO | 16 |
| 2.3 O ARTISTA: MAURITS CORNELIS ESCHER..... | 22 |
| 2.3.1 VIDA E OBRAS RELEVANTES | 22 |
| 2.3.2 ILUSÃO DE ÓPTICA EXPLORADA EM PERSPECTIVA | 25 |
| 3. COMPREENDER O MUNDO AXONOMÉTRICO | 41 |
| 3.1 ESTUDO DA PERSPECTIVA (AXONOMÉTRICA)..... | 41 |
| 3.2 REGRAS NA REPRESENTAÇÃO DA ILUSÃO AXONOMÉTRICA | 50 |
| 3.3 REGRAS GERAIS..... | 51 |
| 3.3.1 PONTO DE VISTA ESPECÍFICO | 51 |
| 3.3.2 LUZ E SOMBRA..... | 53 |
| 3.3.3 MOVIMENTAÇÃO NO ESPAÇO ARQUITECTÓNICO..... | 55 |
| 3.4 REGRAS ESPECÍFICAS | 56 |
| 3.4.1 TRIÂNGULO DE PENROSE | 56 |
| 3.4.2 TRIDENTE IMPOSSÍVEL | 57 |
| 3.4.3 CUBO DE NECKER..... | 59 |
| 4. MUNDO DIGITAL E ARQUITECTURA AXONOMÉTRICA..... | 63 |
| 4.1 MONUMENT VALLEY | 65 |
| 5. INTERVENÇÃO PRÁTICA..... | 77 |
| 5.1 A ARQUITECTURA DE PETER EISENMAN | 77 |
| 5.1.1 HOUSE II | 79 |
| 5.1.2 HOUSE VI | 89 |
| 5.2 UM ARQUITECTO, UM ARTISTA E UM JOGO..... | 94 |
| 5.3 PROTÓTIPO | 96 |

| | | |
|-----------|------------------------------------|------------|
| 5.3.1 | DESENVOLVIMENTO DO PROTÓTIPO | 144 |
| 6. | CONCLUSÃO | 145 |
| 7. | REFERÊNCIAS..... | 149 |
| 7.1 | BIBLIOGRAFIA..... | 149 |
| 7.2 | ICONOGRAFIA | 152 |
| 8. | ANEXOS..... | 161 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1 - Imagens do jogo Monument Valley | 4 |
| Figura 2 - Princípio de representação em perspectiva, Albrecht Durer | 13 |
| Figura 3 - Dispositivo de visão, Albrecht Durer | 13 |
| Figura 4 - O misterioso cálice | 14 |
| Figura 5 - Inscrição em puzzle | 14 |
| Figura 6 - Percepção do "fechamento " através da sobreposição | 15 |
| Figura 7 - Exemplo de similaridade | 15 |
| Figura 8 - Igreja de San Sático em Roma. Com a comparação das imagens notamos a necessidade do recurso à ilusão de óptica por parte do artista, para iludir uma grande profundidade do altar. | 18 |
| Figura 9 - Teatro Olímpico de Palladio e Scamozzi, Vicenza..... | 19 |
| Figura 10 - Ames Room de Adelbert Ames..... | 20 |
| Figura 11 - Estratégia de manipulação arquitectónica na Ames Room | 20 |
| Figura 12 – Esquerda: parte do quadro de Escher: Sobre e Desce; Direita: excerto do filme Inception..... | 21 |
| Figura 13 - Desenho dos mosaicos de Alhambra por Escher | 23 |
| Figura 14 - M.C. Escher: Cost of Amalfi, 1931 | 24 |
| Figura 15 - M.C. Escher: Dia e Noite, 1938..... | 24 |
| Figura 16 – À esquerda: M.C. Escher: Um outro mundo I, 1946 p46; À direita: M.C. Escher: Ciclo, 1947 .. | 26 |
| Figura 17 - Côncavo e Convexo, 1955 | 28 |
| Figura 18 - Esquema de posição dos cubos em Côncavo e Convexo..... | 28 |
| Figura 19 – Estudo de Fernando Acevedo: À esquerda: coluna fora do contexto; À direita coluna contextualizada (Côncava e Convexa) | 30 |
| Figura 20 - Estudo de Bruno Ernst: divisão em faixas verticais | 30 |
| Figura 21 - M.C. Escher: Cascata, 1961 | 31 |
| Figura 22 - Triângulo de Penrose | 31 |
| Figura 23 - Estudo da relação entre a obra Cascata e o Triângulo de Penrose..... | 32 |
| Figura 24 - Estudo de Fernando Acevedo..... | 33 |
| Figura 25 - M.C. Escher: Sobe e Desce, 1960 | 35 |
| Figura 26 - Desenhos de Penrose | 36 |
| Figura 27 - Escadas vistas em planta | |
| Figura 28 - Modelação das escadas por Fernando Acevedo | 36 |
| Figura 29 - M.C. Escher: Relatividade, 1953..... | 37 |
| Figura 30 - Análise dos planos XYZ. Plano Z: vermelho; Plano Y: verde; e Plano X: amarelo, adaptado dos estudos de Fernando Acevedo..... | 38 |
| Figura 31 - M.C. Escher: Belveder, 1958..... | 40 |
| Figura 32 – Pormenor de Belveder | 40 |
| Figura 33 - À esquerda projecção cónica ; À direita projecção paralela..... | 42 |

| | |
|--|----|
| Figura 34 - Projecção cónica: representação com um, dois e três pontos de fuga, respectivamente da esquerda para a direita | 42 |
| Figura 35 - Projecção axonométrica: Isométrica, dimétrica e trimétrica, respectivamente da esquerda para a direita | 43 |
| Figura 36 - Projecção oblíqua: Projecção cavaleira e projecção gabinete, respectivamente da esquerda para a direita | 43 |
| Figura 37 - Representações proto-axonométricas na pintura Ocidental | 44 |
| Figura 38- Representações proto-axonométricas na pintura oriental | 44 |
| Figura 39 - Representações axonométricas em tratados de arquitectura civil | 45 |
| Figura 40 - Plano de projecção axonométrica | 45 |
| Figura 41 - Representação axonométrica em corte (esquerda) e representação axonométrica explodida (direita)..... | 46 |
| Figura 42 - Desenhos axonométricos de Albert Satoris | 48 |
| Figura 43 - Leonardo da Vinci: Esboço de um guindaste em representação axonométrica explodida | 49 |
| Figura 44 - Estudo em axonometria explodida, Renzo Piano – Diogene | 49 |
| Figura 45 - Contra-Construction Project, Theo van Doesburg | 49 |
| Figura 46 - Estudo de Bruno Ernst | 52 |
| Figura 47 - Estátua dos artistas Brian Mckay e Ahmad Abas, East Perth | 52 |
| Figura 48 - Triângulo de Penrose - estudo de Richard Gregory | 53 |
| Figura 49 – Análise da relação entre a cor da sombra e a profundidade, João Pernão | 54 |
| Figura 50 - Mosaico de Antioquia | 54 |
| Figura 51 – À esquerda: Triângulo de Penrose; À direita: Estudo do Triângulo de Penrose | 58 |
| Figura 52 – Em cima: Tridente Impossível; Em baixo: Estudo do Tridente Impossível..... | 59 |
| Figura 53- À esquerda: Cubo tridimensional com todas as linhas visíveis; À direita: Cubo tridimensional assumido num pontos de vista | 60 |
| Figura 54- Cubo tridimensional convencional..... | 60 |
| Figura 55- Cubo de Necker..... | 61 |
| Figura 56 - Países referência para a criação de Monument Valley..... | 66 |
| Figura 57 – La Muralla Roja, Ricardo Bofill, 1968 | 67 |
| Figura 58 – Imagens representativas de cenários do jogo Monument Valley | 68 |
| Figura 59 - Poço Chand Baori, Índia..... | 68 |
| Figura 60- Taj Mahal, Índia..... | 68 |
| Figura 61 - Imagens representativas de cenários do jogo Monument Valley..... | 69 |
| Figura 62 – À esquerda: Memorial do Holocausto, Berlim ; À direita: Imagem representativa de um cenário do jogo Monument Valley..... | 69 |
| Figura 63- À esquerda: Monument to Lincoln Kirstein, Philip Johnson; À direita: Monumento dedicado a José Azevedo Perdigão, Pedro Cabrita Reis | 70 |
| Figura 64- Imagens representativas de cenários do jogo Monument Valley..... | 71 |

| | |
|---|-----|
| Figura 65 - Imagens representativas de cenários do jogo Monument Valley | 72 |
| Figura 66 - Imagens representativas de cenários do jogo Monument Valley | 73 |
| Figura 67 - Representação da transformação do espaço com recurso à regra do Triângulo de Penrose | 75 |
| Figura 68 - Representação da transformação do espaço com recurso à regra do Triângulo de Penrose | 76 |
| Figura 69 - Utilização da regra Cubo de Necker no jogo Monument Valley | 76 |
| Figura 70 – House II, Peter Eisenman | 79 |
| Figura 71 Transformações de Peter Eisenman na House II | 80 |
| Figura 72 - House II, pilares em axonometria | 82 |
| Figura 73 - House II- Divisão pela matriz | 82 |
| Figura 74 - House II, plantas | 83 |
| Figura 75 - House II, sobreposição dos cubos | 83 |
| Figura 76 - House II, definição das matrizes em planta | 84 |
| Figura 77 - House II, definição de 4 planos | 85 |
| Figura 78 - House II, movimentação de elementos arquitectónicos | 86 |
| Figura 79 - House II, movimentação das paredes | 86 |
| Figura 80 - House II, transformação das paredes em planta..... | 87 |
| Figura 81 - House II, planta com a transformação dos elementos arquitectónicos | 87 |
| Figura 82 - House II, transformação dos elementos finais | 88 |
| Figura 83 - House VI, Peter Eisenman | 89 |
| Figura 84 - House VI, intersecção de planos | 90 |
| Figura 85 - House VI, transformações | 91 |
| Figura 86 - House VI, planta com transformações..... | 91 |
| Figura 87 - House VI, subtracção | 92 |
| Figura 88 – House VI, Adição de elementos..... | 93 |
| Figura 89 – House VI, adição das escadas | 93 |
| Figura 90 - Plano inicial do protótipo | 97 |
| Figura 91 - Aproximação da personagem ao cubo | 97 |
| Figura 92 - Movimentação do objecto aliado à observação apartir de um ponto de vista específico | 98 |
| Figura 93 - Desaparecimento do cubo | 99 |
| Figura 94 - Elementos em cruz..... | 100 |
| Figura 95 - Adição de um elemento arquitectónico | 100 |
| Figura 96 - Transformação por translação | 101 |
| Figura 97 - Aplicação do movimento de translação..... | 102 |
| Figura 98 - Conclusão da primeira translação..... | 103 |
| Figura 99 - Aparecimento de um novo elemento | 103 |
| Figura 100 - Início da rotação..... | 104 |
| Figura 101 - Rotação para o duplicar das peças..... | 105 |
| Figura 102 - Peças duplicadas | 106 |

| | |
|---|-----|
| Figura 103 - Aplicação da regra da translação | 107 |
| Figura 104 - Transformação por rotação | 108 |
| Figura 105 - Movimentação da personagem no espaço | 109 |
| Figura 106 - Início da entrada e saída da personagem dos vãos | 110 |
| Figura 107 - Aparecimento de algumas paredes após entrada e saída da personagem de vãos | 111 |
| Figura 108 - Conclusão das 4 paredes | 112 |
| Figura 109 - Aplicação da translação | 113 |
| Figura 110 - Aplicação da subtracção | 115 |
| Figura 111 - Rotação do elemento arquitectónico | 116 |
| Figura 112 - A personagem terá acesso ao botão pela ilusão de óptica | 117 |
| Figura 113 - Movimentação no espaço da personagem | 118 |
| Figura 114 - Entrada e saída de vãos da personagem | 119 |
| Figura 115 - Entrada no último vão que dá acesso ao pátio interior | 120 |
| Figura 116 - Analogia à House II de Peter Eisenman | 121 |
| Figura 117 - Translação do elemento rectangular | 121 |
| Figura 118 - Entrada da personagem no cubo | 122 |
| Figura 119 - Movimento no espaço através da rotação de elementos arquitectónicos | 123 |
| Figura 120 - Movimento no espaço através da rotação de elementos arquitectónicos | 124 |
| Figura 121 - Movimento no espaço através da rotação de elementos arquitectónicos | 125 |
| Figura 122 - Movimento no espaço através da rotação de elementos arquitectónicos | 126 |
| Figura 123 - Rotação de uma aresta | 128 |
| Figura 124 - Aparecimento das escadas | 129 |
| Figura 125 - Surgimento da plataforma | 130 |
| Figura 126 - Entrada da personagem para o vão | 131 |
| Figura 127 - Surgimento das segundas escadas | 132 |
| Figura 128 - Rotação que dará ao Triangulo de Penrose | 133 |
| Figura 129 - Movimentação pelo Triangulo de Penrose | 134 |
| Figura 130 - Deslocamento até ao botão azul | 135 |
| Figura 131 - Surgimento de novos elementos arquitectónicos | 136 |
| Figura 132 - Surgimento do Tridente Impossível | 137 |
| Figura 133 - Movimentação de elementos arquitectónicos | 138 |
| Figura 134 - Deslocação até às escadas | 139 |
| Figura 135 – Transformação das arestas | 140 |
| Figura 136 - Final do jogo | 141 |
| Figura 137 - Desaparecimento da estrutura e paradoxo das escadas | 142 |

LISTA DE ABREVIATURAS E ACRÓNIMOS

CAD – Computer Aided Design

filos. – filosofía

M. C. – Maurits Cornelis

P. – página

s.f. – Substantivo femenino

1. INTRODUÇÃO

1.1 ENQUADRAMENTO TEÓRICO

“Para se ver seja o que for não basta que isso seja possível, mas que ele se integre dentro da nossa óptica. Porque conhecer é relacionar e o que se não relaciona só existe por si, ou seja, não existe.”¹

Quantas vezes não somos confrontados com representações arquitectónicas e urbanas que conseguem dissuadir a percepção do observador através da manipulação de espaços? A ilusão de óptica é uma realidade que está presente na arquitectura desde muito cedo. Arnheim, no seu livro *Arte e Percepção Visual*, afirma que já *“os arquitectos medievais aumentavam o efeito de profundidade em muitas igrejas fazendo com que os lados convergissem ligeiramente em direcção ao coro e diminuindo gradualmente os intervalos entre colunas.”²*

O estudo de regras axonométricas e matemáticas, permite ao artista a criação de conflitos de percepções através da ilusão óptica. A constante evolução tecnológica contribui também para o desenvolvimento de ilusões através de meios computacionais (software) que permitem a criação de arquitectura “sem regras”, produzindo imagens impossíveis no nosso mundo físico.

As imagens são criadas cognitivamente não apenas pela visão, mas também pelos outros sentidos do corpo humano. Os sentidos, por sua vez, e citando Henri Bergson, *“têm a necessidade de educação”*. No livro *“Matéria e Memória”*, este autor defende que *“Nem a visão nem o tacto chegam imediatamente a localizar as suas impressões. Uma série de aproximações e induções é necessária, através das quais coordenamos pouco a pouco as nossas impressões umas às outras.”³* Mesmo os próprios sentidos, que não pensamos que seja algo que necessite de “educação”, inconscientemente, estão sempre a ser desenvolvidos, perante as necessidades de cada ser (racional ou irracional).

Citando Goldstein, *“The illusion that perception is a simple process follows from the ease with which we perceive”⁴*, ou seja, embora pareça simples a maneira como interagimos com o mundo através dos sentidos, a percepção é mais complexa do que o que realmente aparenta. O facto de os sentidos serem

¹ Frase de Virgílio Ferreira

² ARNHEIM, Rudolf - *Arte e Percepção Visual: uma psicologia da visão criadora*. p.277.

³ BERGSON, Henri - *Matéria e Memória: Ensaio sobre a relação do corpo com o espírito*. p. 48.

⁴ GOLDSTEIN, Bruce - *Blackwell Handbook of Perception*.

desenvolvidos inconscientemente e gradualmente pelo Homem, faz com que este processo não aparente tanta complexidade.

Assim, o Ser Humano consegue criar imagens cerebrais pois o sistema visual está sempre a produzi-las. Por exemplo, pelo simples toque num objecto, o nosso cérebro consegue criar uma imagem, mesmo que possa não estar correcta. Segundo Alois Riegl *“O sentido óptico apenas revela a existência de um objecto; o sentido táctil apresenta a forma deste. (...) O nosso sentido óptico não nos informa disto; assim, recorreremos às nossas experiências passadas no domínio do toque. Temos, então, algo essencial, a forma, que nos é dada pelo sentido táctil, e algo ilusório, a superfície, que o sentido óptico faz oscilar diante de nós.”*⁵.

Através da percepção das imagens acontece na memória a representação, esta que vai conceber o processo criativo. Neste sentido, podemos afirmar que a criação de uma realidade manipulada existe também pelo processo de experimentação de imagens. Através da introspecção das mesmas o artista consegue fazer um protótipo mentalmente representado segundo as suas normas.

*“A imaginação cria estas imagens ao apresentar, expandir e adaptar cenas naturais individuais ao nosso estado de espírito, de tal modo que nos consideramos capazes de discernir a harmonia do todo num único evento e de, por um instante, ter a ilusão de termos escapado da realidade.”*⁶

O artista vai representar essas ideias cognitivas essencialmente através do desenho. É no desenho que este encontra o método de expressão mais simplificado e, por sua vez, mais perceptível para o observador. Segundo Piranesi não existe maneira mais explícita de exprimir as ideias a não ser pelo desenho. Este autor afirma não lhe ter ficado outra possibilidade senão a de explicar com desenhos as próprias ideias, tornando o desenho uma declaração de intenções⁷.

O observador, na posição de crítico e explorador, encontra vida na bidimensionalidade pelo simples facto de conseguir navegar pelo desenho. Este, por sua vez, vai transformar a ideia do que vê à sua imagem, numa observação pessoal e dependente das suas vivências. A concepção da ilusão depende então de observador para observador, divergindo perante as diferentes percepções humanas.

Attilio Marcolli, defende a ideia de que o espaço é visto da forma como pode ser transformado.⁸ Consideram-se as imagens que o nosso cérebro cria, sejam elas do passado, do presente ou do futuro, uma representação daquilo que se ambiciona ver, uma tentativa de conseguir a realidade idealizada.

⁵ RIEGL, Alois - Historical Grammar of the Visual Arts. p.396

⁶ SEMPER, Gottfried - Style in the technical and tectonic arts or practical aesthetics. p.82.

⁷ PEREIRA, José – A arquitectura na representação da arquitectura. p.65.

⁸ MARCOLLI, Attilio – Teoria del campo: Corso di educazione alla vision. p.3-7.

Percebe-se então, que a manipulação do espaço depende da percepção pessoal. Já as transformações espaciais são definidas pela movimentação de matéria no espaço o que, neste pressuposto, faz com que a composição de desenhos arquitetónicos consiga facilmente ser enganosa.

Grande parte das representações de ilusões espaciais resultam do uso da perspectiva esta que, por sua vez, se apresenta como um dos principais meios de representação do mundo arquitectónico.

Neste sentido, apresentamos em estudo o artista Maurits Escher que em muitos dos seus trabalhos utiliza as axonometrias como meio de representação de ilusões espaciais. Este artista torna-se relevante na realização deste trabalho, na medida em que Escher proporciona a experiência perceptiva numa relação da ilusão de óptica com o sujeito e com a arquitectura. Em grande parte, as suas obras são dominadas por manipulações espaciais que se manifestam contra as regras da gravidade.

As axonometrias criadas pelo artista transmitem fascínio devido à imposição de mundos impossíveis que conseguem hipnotizar o observador pela necessidade de análise e pela curiosidade. Estes forçam a atenção do sujeito devido ao detalhe e à capacidade de transformação e transfiguração da realidade pelo suporte desenhado enganando os processos cognitivos. Na realidade, trata-se de uma cognição limitada a uma visualidade definida pelo método de representação que não tem suporte dos restantes sentidos e por isso é vulnerável a ambiguidades próprias da visão e de meios de representação que constituem eles também abstracções do real.

A precisão nos desenhos de Escher é conseguida pelo estudo da geometria e da matemática. O mundo é feito de regras e estas duas matérias tornam-se imprescindíveis para a realização da arquitectura ou, no caso de Escher, de arquitecturas impossíveis. Para se compreender a manipulação do espaço tem primeiro de se compreender as regras a que o espaço está submetido.

Sendo que um dos principais temas abordados neste trabalho passa pela compreensão da manipulação da arquitectura no mundo real e digital, torna-se essencial o estudo prévio de representação perspectivica para seguidamente compreender as regras axonométricas.

Eisenman foi também um utilizador deste processo de representação. Este arquitecto será também estudado pois pretende-se perceber como movimenta e transformação os elementos que desenvolve nas suas obras arquitectónicas. O facto de Peter Eisenman recorrer a sistemas virtuais para representação e transformação das suas casas, é também um dos motivos que nos leva ao seu estudo.

Pode identificar-se a arquitectura digital como um instrumento de grande impacto para o arquitecto, esta que se manifesta pela imitação e pela manipulação do espaço real. A distorção da realidade no mundo digital acontece pela utilização de software direccionados para essa finalidade. Cabe ao artista o desenvolvimento de espaços fantasiosos e assim sendo, o observador encontra-se cativado pelo o mundo virtual, e mais uma vez, pela assimilação de estímulos presentes nesse meio, ou seja, através dos sentidos humanos.

O artista é capaz de simular obras de maneira a representar um lugar fictício, mas com aparência real, já o observador assume-o como real ainda que a sua percepção o admita como não existente. No entanto, por muito que a ilusão virtual tente simular a realidade humana, esta vai estar sempre restrita pelo fictício.

Como exemplo de jogo virtual com conceito de ilusão óptica temos o jogo Monument Valley. Inspirado em parte nas obras de Escher, este, apesar de apresentar formas e cores simples, tem um conceito axonométrico marcado pela ilusão da representação axonométrica, na medida em que as transformações presentes no jogo são impossíveis no nosso mundo físico, mas aparentemente reais num mundo axonométrico.

Este jogo apresenta estruturas impossíveis que nascem da alteração de representações axonométricas onde a matéria se move de maneira a conseguir alterar a percepção humana. O jogo é constituído por uma multiplicidade de formas e cabe ao jogador o simples girar dos objectos para perceber que a sua percepção já foi alterada. Existem então movimentações de objectos no espaço, previamente determinados, que se transformam consoante o ponto de vista do observador. Na figura 1, podemos observar várias imagens de fases do jogo Monument Valley.

O universo digital tal como o do desenho, identificam-se como os principais manipuladores da realidade humana. Cabe ao ser humano, como ser racional, o processo de inventar, adaptar, criar e recriar.⁹



Figura 1 - Imagens do jogo Monument Valley

⁹ PEREIRA, José - A arquitectura na representação da arquitectura.

1.2 OBJECTIVOS

Esta dissertação manifesta-se pelo impulso de produzir e explorar o mundo dos efeitos da ilusão de óptica na arquitectura. Pretende-se com este Trabalho Final de Mestrado compreender as regras axonométricas com que se constroem as ilusões de óptica e como estas funcionam tridimensionalmente de maneira a conseguirem ser moldadas à imagem ou ilusão desejada.

Neste sentido e como principais objectivos para o presente trabalho destacamos:

- Compreender a percepção e cognição humana em relação à ilusão de óptica aplicada em desenhos axonométricos;
- Perceber de que maneira a arquitectura, o espaço envolvente e o observador conseguem ser manipulados pelas estratégias de ilusão de óptica, e quais os limites e regras dessa manipulação;
- Apresentar o artista Maurits Escher e uma análise sintética das várias fases da sua obra, como base introdutória para a abordagem do objectivo anterior;
- Compreender a especificidade da representação axonométrica nas obras de Escher;
- Entender as regras subjacentes à ilusão de óptica na representação axonométrica, e saber representar as mesmas;
- Identificar como o jogo Monument Valley faz uso da ilusão espacial em representação axonométrica;
- Apresentar Peter Eisenman, e compreender como este arquitecto trabalha as suas casas, com recurso a transformações, em desenhos axonométricos;
- Idealização de um jogo digital aplicando a teoria estudada anteriormente;
- Apresentação de um protótipo informático do mesmo jogo.

1.3 QUESTÃO DE PARTIDA

Quais as regras de representação axonométrica que conseguem manipular a ilusão de óptica em arquitectura?

1.4 ESTRUTURA DO DOCUMENTO

Estruturalmente a organização deste trabalho divide-se em quatro partes.

Inicia-se com um capítulo de enquadramento e contextualização do tema que se vai falar, a manipulação do espaço arquitectónico, onde se aborda a ilusão de óptica e como esta consegue interferir na percepção do observador.

Segue-se o segundo capítulo onde se procede a uma introdução teórica pretendendo-se compreender os mecanismos da percepção e cognição humana relacionados com a ilusão em desenho axonométrico, e de que maneira podem interferir e condicionar a maneira do Ser Humano ver o mundo iludindo a percepção de realidades fisicamente impossíveis.

Após análise da relação da ilusão de óptica com percepção e cognição humana o objectivo é compreender a manipulação do espaço arquitectónico, seguindo o trabalho com o estudo da manipulação do espaço baseada no artista Maurits Escher, fazendo simultaneamente uma análise da sua vida artística. Faz-se então uma abordagem à ilusão de óptica com o foco na representação em perspectiva axonométrica e na maneira como este artista a representa nas suas obras para construção de ilusões de óptica.

No capítulo seguinte, o terceiro, faremos um estudo mais aprofundado sobre as regras na representação axonométrica, abordando como a representação da arquitectura pode ser manipulada, por transformação do espaço ou dos elementos arquitectónicos, sendo alterada de maneira a confundir a percepção humana da realidade física.

Iremos ainda abordar e estudar o caso de referência do jogo Monument Valley, onde existem princípios relativos às regras de manipulação da ilusão de óptica subjacentes à representação axonométrica que se pretendem identificar e que poderão ser importantes para o desenvolvimento do trabalho.

Por fim, após toda a fase de investigação teórica, apresenta-se um capítulo de experiência prática com intuito de aplicar os ensinamentos recolhidos resultantes da análise dos temas a cima dissertados.

1.5 METODOLOGIA

O tipo de abordagem para realização deste Trabalho Final de Mestrado tem os seguintes passos metodológicos:

- Pesquisa bibliográfica referente à ilusão de óptica na arquitectura aplicada num mundo digital e de que maneira a percepção do espaço arquitectónico pode ser manipulada;
- Pesquisa bibliográfica referente ao artista Maurits Cornelis Escher e às suas obras, em particular às que recorrem à representação axonométrica;
- Seleção e análise de casos de estudo ilustrativos da análise teórica, resultando como estratégia de abordagem à intervenção prática;
- Análise dos elementos bibliográficos recolhidos. Primeiramente dos elementos relacionados com a ilusão de óptica e identificar as regras adjacentes;

- Estudo de soluções para desenvolvimento da parte prática;

Aplicar as regras na concepção de um jogo digital, pondo em prática através da utilização de software destinados a esse princípio (*game-engines*);

- Avaliação dos resultados finais, reflectindo de que forma os objectivos definidos foram conseguidos, com base no jogo que foi criado.

2. (IR)REALIDADE DO ESPAÇO

A representação da ilusão estabelece uma dicotomia com a realidade humana, conseguindo baralhar a percepção cognitiva.

Para perceber de que maneira somos iludidos é essencial perceber primeiro como recebemos a informação que nos é transmitida, que neste sentido será ilusória. Assim, introduzimos a questão da cognição e percepção humana. Mas do que falamos quando aplicamos estes termos?

A ilusão pressupõe então a existência de conhecimentos acumulados por parte do observador, que são necessários para reconhecimento e compreensão da matéria observada. Os estímulos apresentam-se como um dos principais receptores de informação, fazendo parte do desenvolvimento da percepção cognitiva do observador, e agindo *"segundo critérios que transformam a informação óptica em configurações abstractas de grau variável."*¹⁰.

Na manipulação da realidade existe um jogo de expectativas. O observador olha mais atentamente para as ilusões existentes no espaço manipulado, na esperança que a realidade se torne extraordinária aos seus olhos. Perante isto, na concepção de uma imagem manipulada, *"fabrica-se uma realidade que ocupa o lugar da verdade"*.¹¹

Este capítulo tem como propósito fazer o relacionamento entre a percepção e a cognição, podendo definir a percepção como a captação de informação através dos sentidos e a cognição que resulta do conhecimento adquirido e da conjugação desses registos, estabelecendo-se uma ligação entre a informação sensorial e o conhecimento do observador.

Vai ser abordada a teoria da Gestalt onde podemos entender a percepção numa base científica compreendendo os aspectos universais de como o nosso cérebro funciona ao nível da percepção visual do mundo (nomeadamente no que se refere à percepção das formas, cores e texturas – e ainda as noções de ordem visual que estão na origem também da ilusão óptica).

Seguidamente faremos uma abordagem à manipulação do mundo arquitectónico perante a interrogação sobre as ilusões. Segundo o que já foi abordado não poderíamos deixar de abordar Maurits Cornelis Escher dado que este reservou grande parte da sua vida e obra para sucumbir a sua obsessão pela manipulação arquitectónica. No estudo deste artista são abordadas algumas obras bem como a forma como este utiliza a perspectiva axonométrica.

Pretendemos com este capítulo perceber como o Ser Humano entende as ilusões e como estas podem ser entendidas e aplicadas para fins deliberados de comunicação visual.

¹⁰ MARQUES, Jorge – As imagens do desenho: Percepção espacial e representação. p.51.

¹¹ DUARTE, Rui – Arquitetura, Representação e Psicanálise. p.56.

2.1 PERCEPÇÃO E COGNIÇÃO HUMANA

Percepção, do latim *perceptione*, define-se como: “s.f. Acto ou efeito de perceber; arrecadação; cobrança”¹². A cognição do latim *cognitione*, define-se como: “s.f. (filos.) Acto de adquirir um conhecimento.”¹³.

Analisando a diferença entre estes dois actos: percepção e cognição, conseguimos distingui-los porque entendemos cognição pelo acto de assimilação da informação através dos sentidos, e a percepção pelo papel que este tem de receptor da informação.

Irvin Rock determina que a percepção está relacionada com o domínio dos processos sensoriais e dos processos cognitivos.¹⁴ Através dos sentidos a percepção acumula estímulos do mundo real, que são absorvidos pelos órgãos sensores.

Pelos sentidos criam-se memórias, desejos e opiniões e a partir da cognição conseguimos criar sentimentos tais como: raiva, atracção, fascínio, admiração, decepção, entre muitos outros.

Já a cognição, e segundo o psicólogo Ulric Neisser, “refere-se a todos os processos pelos quais a absorção sensorial é transformada, reduzida, elaborada, armazenada, recuperada e usada”¹⁵, de uma forma geral definimos a cognição como o processo de registo das informações e dos sentidos. Os processos cognitivos estão ligados com a organização e identificação da percepção.

Marcuschi afirma que “a cultura, uma vez incorporada, também opera como fenómeno cognitivo”¹⁶. Assim, o fenómeno da cognição não é imediato pois é eminentemente cultural, isto é, o conhecimento não resulta só do registo, nem mesmo da combinação dos registos sensoriais, mas também e essencialmente de uma cultura formada por uma acumulação sistemática de registos ou memórias que informam sobre as experiências previamente adquiridas (conhecimento tácito ou cultura tácita).

A cognição (ou o momento cognitivo) resulta assim sempre do somatório da percepção com o conhecimento tácito, ou mais detalhadamente, o somatório de todos os registos sensoriais acrescidos dos filtros interpretativos resultantes do conhecimento tácito que adiciona à percepção pura não processada a memória e respectivo processamento de experiências sensoriais prévias semelhantes. Ou seja, enquanto a percepção capta a informação existe pelos sentidos, a cognição processa-a. Assim “está envolvida em

¹² FERNANDES, Francisco – Dicionário Ilustrado da Língua Portuguesa. Volume 3. p.1372.

¹³ Ibidem. Volume 2. p.469

¹⁴ ROCK, Irvin - An Introduction to Perception.

¹⁵ NEISSER, Ulrich – Cognitive Psychology.

¹⁶ MARCUSCHI, Luiz - Cognição, linguagem e práticas interacionais.

*tudo o que um ser humano possa fazer*¹⁷ sendo que, *“todo o fenômeno psicológico é um fenômeno cognitivo.”*¹⁸.

A cognição distingue-se pelo conhecimento da informação através do cérebro, que desenvolve a informação assimilada, ou seja, conhece-a. Perceber (percepção) como vemos e compreendemos (cognição) o espaço é essencial para o desenvolvimento deste trabalho. Neste sentido, entramos na fenomenologia da arquitectura tentando compreender as questões da percepção e da cognição, mais precisamente o aspecto da fenomenologia suportado na Gestalt.

Os fundamentos da Teoria de Gestalt que apresentam *“dois significados algo diferentes: (1) a forma; (2) uma entidade concreta que possui entre seus vários atributos a forma”*¹⁹, surgem com grande importância neste trabalho pois, conhecida como a *“Psicologia da Forma”*, este foi um movimento conhecido pelos seus estudos na percepção, nos processos cognitivos, factores motivacionais e comportamentais .

Segundo Henri Bergson *“(…) não há percepção que não esteja impregnada de lembranças. Aos dados imediatos e presentes de nossos sentidos misturamos milhares de detalhes de nossa experiência passada. Na maioria das vezes, estas lembranças deslocam nossas percepções reais, das quais não retemos então mais que algumas indicações, simples “signos” destinados a nos trazerem à memória antigas imagens.”*²⁰, ou seja, as memórias vão influenciar a nossa percepção e assim conseguem também manipular os nossos actos e decisões.

Pode afirmar-se que a introdução ao mundo da percepção visual se iniciou na Antiguidade Clássica e que foi evoluindo de civilização para civilização, desde gregos a romanos, árabes e até depois da Idade Média, *“(…) os modelos integrados iniciais de explicação do fenómeno visual perceptivo remontam à Antiguidade Clássica e desenvolvem-se no teatro mediterrânico acompanhando os grandes períodos da sua evolução cultural e científica desde a expansão grega e a independência das suas colónias, o império romano, o mundo árabe, e depois da Idade Média, a Europa Ocidental.”*²¹.

Euclides e Ptolomeu assumiram-se como os impulsionadores da centralização da percepção visual. Foram estes matemáticos que adaptaram as regras da geometria e da matemática à visão. Daí surgem os raios da visão no olho humano e na divergência cónica, dando origem à perspectiva renascentista, da associação do conhecimento à visão²².

¹⁷ NEISSER, Ulrich – Cognitive Psychology. p.4

¹⁸ Ibidem

¹⁹ ENGELMANN, Arno. - A psicologia da gestalt e a ciência empírica contemporânea. p.2

²⁰ BERGSON, Henri - Matéria e Memória: Ensaio sobre a relação do corpo com o espírito. p.30

²¹ PERNÃO, João – A cor como forma do espaço definida no tempo: princípios estéticos e metodológicos para o estudo e aplicação da cor em arquitectura e nas artes. Documento não publicado.

²² METZGER, Wolfgang – Laws of seeing. p.110

A figura 2, de Albrecht Durer, ilustra a visão como origem da percepção representando um método mecânico para desenhar em perspectiva. A figura 3, do mesmo autor, apresenta o aparelho que chama de “dispositivo de visão” que era utilizado da seguinte maneira (tal como depois pode ser observado na imagem): “Entre o olho e o objecto fica um painel de vidro com uma grelha quadrada gravada. Directamente em frente aos olhos está um ponteiro da visão firmemente preso à mesa. Através de apropriados movimentos da cabeça a ponta da visão é sucessivamente alinhada a vários pontos de vista, e é determinado na grelha do quadrado onde a sobreposição ocorre. O ponto localizado é introduzido na segunda grelha quadrada que está na mesa.”²³

É a cultura árabe que perpetua este conhecimento, continuando a questionar-se sobre a maneira de ver o mundo, o que permitiu o seguimento não só dos seus pensamentos, mas também de grandes pensadores da antiguidade. Chegou assim à Idade Média, e da Idade Média aos tempos actuais.

No início do século XX, surgiu o movimento alemão Gestalt, denominado também por teoria da forma padrão ou estrutura. Este princípio foi introduzido por três psicólogos: Wertheimer, Koffka e Kohler. A psicologia da Gestalt estuda a maneira como os seres humanos veem e percebem as coisas a maneira como se relaciona com o mundo, deste modo trata-se de percepção e cognição. “Gestalt é uma teoria do conhecimento que corresponde a um ponto de vista crítico e realista, que afirma o primado dos fenómenos, para a qual a única realidade dada são as experiências vividas”.²⁴

Segundo a teoria Gestalt, Wolfgang Metzger argumenta que “(...) os objectos que percebemos na experiência visual não são os objectos em si, mas as efígies perceptuais daqueles objetos construídos pelo nosso cérebro de acordo com as regras naturais.”²⁵

As principais leis deste movimento são a similaridade, a proximidade, a continuidade/ transparência , a pregnância e o fechamento²⁶. Este princípio define-se como um todo e não como a soma das partes. Para uma melhor compreensão apresentamos figuras e descrevemos sucintamente as mesmas, relacionando-as com a lei a que pertencem.

²³ METZGER, Wolfgang – Laws of seeing. p.111

²⁴ HOLANDA, Adriano – Estudos em psicologia.

²⁵ METZGER, Wolfgang – Laws of seeing.

²⁶ METZGER, Wolfgang – Laws of seeing.

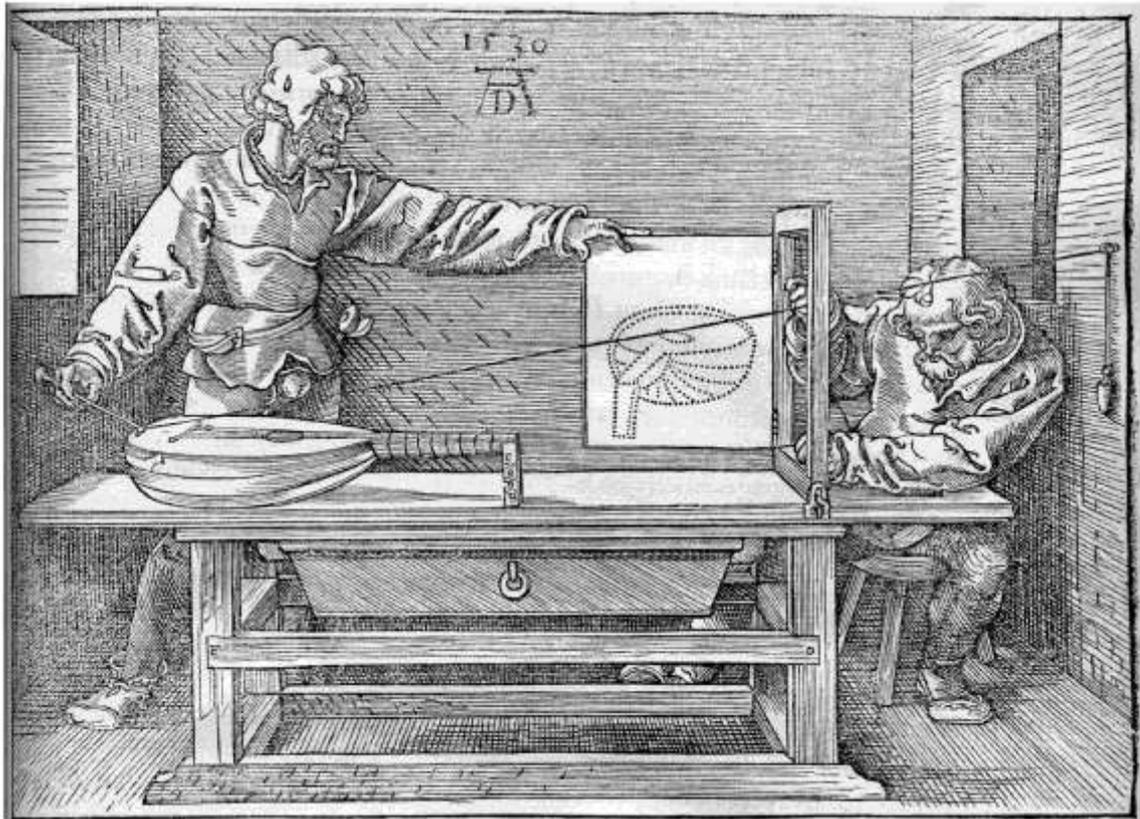


Figura 2 - Princípio de representação em perspectiva, Albrech Durer



Figura 3 - Dispositivo de visão, Albrecht Durer

Falemos então da pregnância, com o significado gestaltismo de forma e estabilidade de uma percepção, define-se por as formas tenderem a ser percebidas pelo seu carácter mais simples, ou seja, o cérebro tende a simplificar a imagem afastando-se das imagens mais complexas. O psicólogo francês Paul Guillaume assume que no ser humano *“O sistema tende espontaneamente à estrutura mais equilibrada, mais*

*homogênea, mais regular, mais simétrica*²⁷. Aqui aplica-se a “*lei da boa forma*”. É possível observarmos na figura 4 e na figura 5 exemplos onde isso acontece. Por exemplo na figura 5 percebemos que o nosso cérebro assume automaticamente a existência de caracteres.

O caso do fechamento, presente na figura 6, acontece quando assumimos uma imagem como inteira quando na verdade faltam linhas ou contornos para que esta se complete. O nosso cérebro ignora o facto de a imagem estar incompleta e assume uma forma ou continuidade.

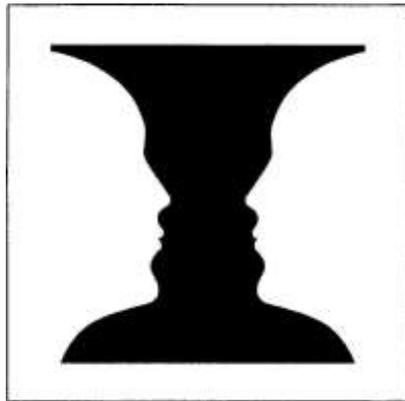


Figura 4 - O misterioso cálice

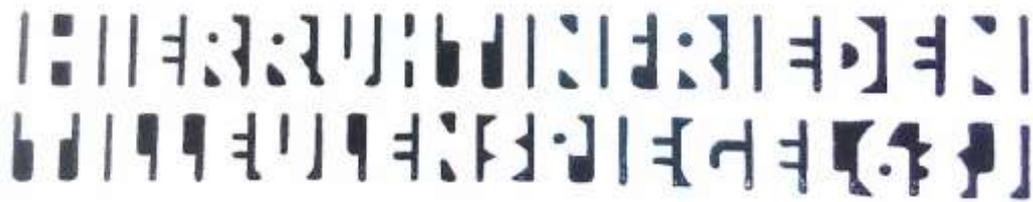


Figura 5 - Inscrição em puzzle

O estudo de Wolfgang Metzger, representado na figura 5, apresenta uma primeira figura, 5a, de uma sobreposição de um rectângulo sobre umas linhas diagonais. O que acontece é que à partida assumimos que os traços que se encontram por baixo do rectângulo formam uma cruz, tal como está representado em 5b. Na sequência do estudo, Metzger conclui que, retirado o retângulo, as linhas podem seguir qualquer outra direcção que não a pressuposta (ou podem até nem ter mais continuidade), tal como representa em 5c e 5d. Ou seja, existe uma tendência cognitiva de ler a imagem dando continuidade às linhas/formas.

²⁷ GOMES, João. Gestalt do Objeto.

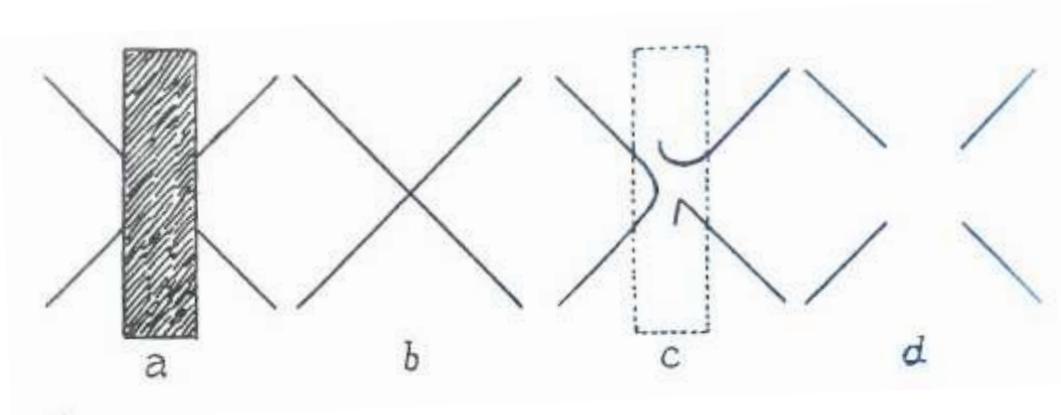


Figura 6 - Percepção do "fechamento " através da sobreposição

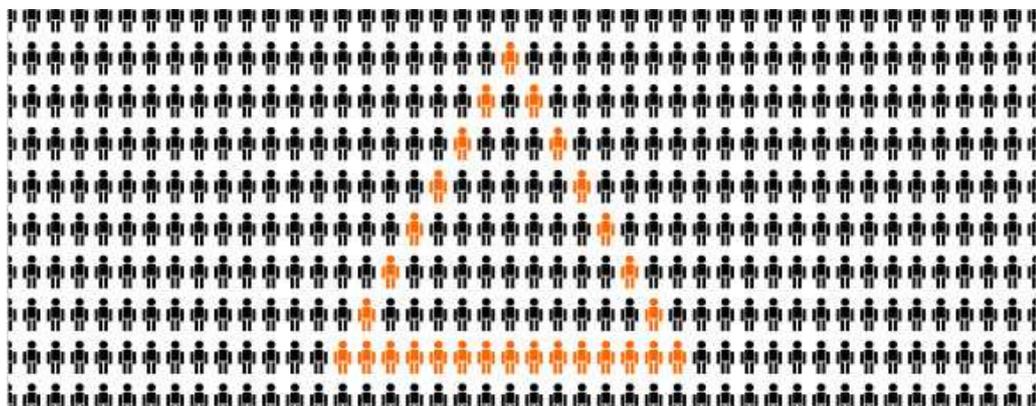


Figura 7 - Exemplo de similaridade

Por último analisamos a similaridade, esta acontece na cor, textura ou na forma do desenho/ objecto. A percepção tende em agrupar os objectos segundo as suas características e especificidades. Como podemos observar na figura 7, não existe nenhum triângulo na imagem, mas, neste caso, pela diferença cromática temos essa percepção.

Com isto, percebemos que com este estudo de Metzger parecem ficar claras algumas questões que são universais relativamente ao fenómeno da percepção. A Gestalt apresenta-nos evidências que parecem encontrar padrões de percepção comuns a toda a gente.

Segundo Steven Holl a percepção que temos do mundo existe pela *"combinação dos cinco sentidos"* como por exemplo o combinar da percepção olfactiva com a percepção gustativa. Da mesma maneira, Maurice Merleau-Ponty assume a experiência da arquitectura como multissensorial afirmando que *"A minha percepção não é, portanto, uma soma de dados visuais, táteis e audíveis: percebo de maneira total com*

todo o meu ser: compreendo uma estrutura única da coisa, um jeito único de ser, que fala com todos os meus sentidos de uma só vez ²⁸.

No entanto, Steven Holl considera que na arquitectura existe um sentido mais influente que os outros: a visão²⁹. Pallasmaa assume também, para além do sentido táctil, a visão como um dos sentidos mais importantes *“A própria essência de nossa vivência é moldada pela tactilidade e pela visão periférica afocal. A visão focada nos põe em confronto com o mundo, enquanto a visão periférica nos envolve na carne do mundo.”*³⁰.

Contudo é o sentido táctil que se assume como “a mãe dos sentidos”, sendo que os outros sentidos se assumem como extensões do tacto, *“[A pele] é o mais antigo e sensível dos nossos órgãos, nosso primeiro meio de comunicação e nosso mais eficiente protector (...). Até mesmo a córnea transparente do olho é coberta por uma camada de pele modificada (...). O toque é o pai dos nossos olhos, ouvidos, nariz e boca. É o sentido que se diferenciava nos outros”*³¹.

Nos ensaios do finlandês Juhani Pallasmaa, é notória a preocupação em compreender de que maneira os sentidos influenciam a percepção arquitectónica e quais as suas consequências.

Pallasmaa remetem-nos à importância da identidade e da experiência sensorial na arquitectura, focando-se na percepção visual como o acto do conhecimento.³² Este arquitecto assume que no simples facto de habitar existe a experiência dos sentidos reconhecendo que *“Habitar é, ao mesmo tempo, um evento e uma qualidade mental e experimental e um cenário funcional, material e técnico.”*³³.

A compreensão da perspectiva e da ilusão dirige-nos à arquitectura da visão. A visão dá-nos uma informação tão intuitiva de assimilar que por vezes simplesmente não nos interrogamos sobre a sua veracidade. Somos levados para um espaço e queremos experimentá-lo.

2.2 MANIPULAÇÃO DO MUNDO ARQUITECTÓNICO

Genericamente todos nós já pensamos como seria um mundo, espaço, trabalho ou até mesmo uma vida ideal. O ser humano é muito crítico e não se satisfaz facilmente, andando sempre em busca da felicidade e da perfeição. O Homem, enquanto ser racional, cria utopias na permanente busca pelo mundo perfeito.

²⁸ MERLEAU-PONTY, Maurice - The Film and the New Psychology p.18.

²⁹PALLASMAA, Juhani – The eyes of the skin

³⁰Ibidem

³¹ MONTAGU, Ashley - Touching: The Human Significance of the Skin, p.3

³²PALLASMAA, Juhani – The eyes of the skin

³³ PALLASMAA, Juhani – Habitar. p.8

A imaginação de utopias parte da crença em conseguir alcançar um mundo melhor.³⁴ Nas questões relacionadas com as transformação arquitectónicas, o sujeito tende em moldar o mundo à sua imagem, perante os valores físicos e sociais que imagina como ideais.

A arquitectura apresenta-se como uma arte que também consegue perturbar os sentidos por meio de manipulação de espaços, volumes e materialidades. A manipulação espacial ou arquitectónica é uma manipulação consciente de elementos arquitectónicos num projecto proposto por um arquitecto capaz de definir arquitecturas cuja vivência afecta de modo deliberado a experiência sensorial do utilizador, apresentando-se como um grande privilégio do arquitecto. Abraham defendeu que a arquitectura era fundamentalmente uma ideia e que não implicava a construção de um edifício, argumentando que a arquitectura podia ser válida pela representação em desenho.³⁵

Deste modo, o arquitecto assume o papel de criador executando, através de desenhos ou outras representações, manipulações espaciais que através de estímulos da percepção, enganando sentido da visão e recorrendo à ilusão, conseguem manobrar a mente humana e fazem acreditar na ilusão que observam. *“O arquiteto trabalha manipulando a memória, disso não há dúvida, conscientemente, mas, a maior parte das vezes, subconscientemente. O conhecimento, a informação, o estudo dos arquitetos e da história da arquitetura tendem ou devem tender a ser assimilados, até se perderem no inconsciente ou no subconsciente de cada um.”*³⁶. O fenómeno cognitivo surge na consciencialização da ilusão e a representação apresenta-se como realidade impossível.

Mas não só se pode culpar o arquitecto como responsável por adulterar e falsear a realidade, pois o espectador é o primeiro a querer ser iludido, *“este fica de consciência estimulada, fascinado pelo engano dos seus próprios olhos”*³⁷. Deste modo, é essencial que o arquitecto compreenda o comportamento e reacções do indivíduo para conseguir induzir o estímulo no mesmo. O arquitecto controla a arquitectura e entrega-a ao utilizador do espaço.

Os casos da Igreja de San Satiro, em Milão, observável na figura 8, e da Igreja de Santo Inácio, em Roma, são um dos exemplos do recurso à ilusão óptica, ambas as pinturas pressupõem de uma representação que efectivamente poderia existir. Em relação à primeira igreja, a Igreja de Santa Maria presso San Satiro, a ilusão de óptica dá-se devido a circunstâncias específicas do local, que neste caso é a falta de espaço no altar, sendo que o objectivo é dar a percepção de que a Igreja é maior do que o que aparenta.

³⁴ NEGRÃO, Jaime - Utopia.

³⁵ Ibidem.

³⁶ VEIRA, Álvaro Siza - Imaginar a evidência. p. 37.

³⁷ TAVARES, Domingos - Donato Bramante: Arquitectura da ilusão. p.132.

O domínio da matemática, da ciência geométrica e também das regras da perspectiva por parte do arquitecto e pintor italiano Donato Bramante, resultaram no desenho de uma pintura que simula de maneira convincente uma maior profundidade, tal como é possível ver na imagem que se segue.



Figura 8 - Igreja de San Sático em Roma. Com a comparação das imagens notamos a necessidade do recurso à ilusão de óptica por parte do artista, para iludir uma grande profundidade do altar.

Donato Bramante assume-se como um dos principais impulsionadores na utilização da perspectiva com recurso a regras de representação rigorosas, para representação da ilusão. As imagens acima representam precisamente a vontade de representação do artista pelo suposto real.³⁸ Da antiguidade podemos falar ainda de outro mestre, o arquitecto Andrea Pozzo. Este mais ligado à arte da representação em cúpulas e em abóbadas, dedica-se à ilustração de falsas cúpulas remetendo o observador à ilusão de óptica, como é possível verificar na Igreja de Santo Inácio.

O Teatro Olímpico de Palladio e Scamozzi, figura 9, é outro exemplo de manipulação da perspectiva para a criação da ilusão de uma maior profundidade. No palco do Teatro é possível observar a intervenção de Vincenzo Scamozzi, este que era um admirador de Bramante³⁹. A representação presente neste teatro é a reprodução de uma rua num jogo de perspectiva racional, que dá a ilusão de continuidade do espaço pelo

³⁸ Ibidem.

³⁹ Ibidem.

cenário presente no centro do palco do teatro, "*nas linhas traçadas por nosso colega Palladio, que o projetou para permitir visões em perspectiva*".⁴⁰

Palladio tinha o gosto de manipular o espaço através da transformação de um conjunto de regras da arquitectura clássica.



Figura 9 - Teatro Olímpico de Palladio e Scamozzi, Vicenza

Neste sentido conseguimos compreender que os objectivos do arquitecto perante o espectador são provocar estímulos através das representações, neste caso estímulos cognitivos presentes na perspectiva e que justificam os conflitos sensoriais. O desenho em perspectiva aparece como um dos principais manipuladores cognitivos da antiguidade.

Num passado mais recente, pode ainda dissertar-se à cerca do projecto Ames Room. Este que se foca na distorção de uma sala, na medida em que vista de frente aparenta ser uma sala normal, sem qualquer deformidade, com duas paredes laterais paralelas e uma no fundo ortogonal às laterais. Observando a figura 10 o que perturba a percepção é a desigualdade no tamanho da pessoa.

⁴⁰ MAGAGNATO, Licisco – A génese do Teatro Olímpico. p.216.



Figura 10 - Ames Room de Adelbert Ames

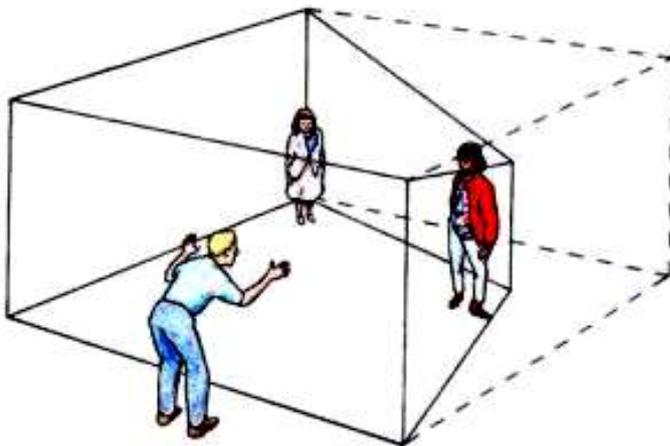


Figura 11 - Estratégia de manipulação arquitectónica na Ames Room

No entanto, tudo não passa de uma estratégia de manipulação do espaço, pois na verdade o formato da sala é trapezoidal. Nas imagens anteriores conseguimos conferir essa (ir)realidade. O autor distorce não só a parede do fundo, mas também todos os elementos que nessa parede estão inseridos para dar ênfase à ilusão, tal como podemos observar na figura 11.

Mas não só da perspectiva se criam ilusões, a luz, as cores, os materiais, as texturas e o movimento assumem também um importante papel na percepção humana. Em 1948 Zevi afirmou que *“Nenhuma representação gráfica ou fotográfica de um edifício nos pode fazer prescindir da experiência espacial, e mesmo a representação cinematográfica não capta senão uma das infinitas sucessões pelas quais podemos desfrutar de um espaço.”*⁴¹.

No mundo virtual, tanto nos jogos como no cinema, o uso de meios tecnológicos tornou-se essencial para a manipulação de espaços. A representação gráfica parte ela também da experiência prática do mundo, e torna-se numa importante ferramenta na actividade da transformação da arquitectura. Em algumas situações pode afirmar-se que a arquitectura serve o mundo virtual, na medida em que qualquer espaço representado num mundo virtual pode ser baseado numa arquitectura/espaço existente.

No universo cinematográfico podemos apresentar o filme *Inception* como um excelente manipulador do espaço onde o observador, apesar de ter conhecimento da irrealidade, é transportado conscientemente para esse mundo. O realizador, Christopher Nolan, leva-nos a habitar um espaço totalmente inabitável. Este recorreu ainda a obras de Escher inspirando-se na peculiaridade com que este manipula os espaços e explorando a ilusão de óptica no espaço, figura 12.

Podemos então considerar que a manipulação do espaço e da arquitectura resulta do estudo da matemática e da geometria e que é a junção de todos esses factores que vai interferir com os conflitos sensoriais do observador, tanto para os corrigir como para realçar, dependendo da sua intenção.



Figura 12 – Esquerda: parte do quadro de Escher: Sobre e Desce; Direita: excerto do filme Inception.

⁴¹ URBANO, Luís - Histórias Simples: textos sobre Arquitectura e Cinema. p.81.

2.3 O ARTISTA: MAURITS CORNELIS ESCHER

“Vinhavam-me ideias que nada tinham que ver com a arte da gravura, fantasias que me cativavam de tal maneira que as queria absolutamente transmitir a outros. Isto não podia acontecer com palavras, pois não eram pensamentos literários mas sim «imagens de pensamento» que só se poderiam tornar compreensíveis aos outros, quando lhes pudesse mostrar como imagem visual”⁴²

A intenção de estudo do artista Maurits Cornelis Escher deriva da obsessão deste artista pela manipulação de espaços reproduzidos por meio de desenhos. Procura-se através das obras deste artista, a compreensão e inspiração nas ilusões de óptica essencialmente desenvolvidas em representação axonométrica, embora se faça também uma análise a obras em perspectiva cónica.

2.3.1 VIDA E OBRAS RELEVANTES

É difícil falar sobre a arte da ilusão do espaço sem proferir o nome de Escher. O mundo artístico criado pelo holandês, Maurits Cornelis Escher, leva-nos à experimentação da ilusão óptica e à exploração e reflexão das mensagens intrínsecas nas suas obras. Douglas Hostader assume que *“O gênio de Escher está em que ele não só imaginou, mas na verdade, descreveu dezenas de mundos semi-reais e semimísticos, mundos repletos de voltas estranhas, aos quais ele parece convidar seus espectadores”⁴³*.

A primeira e mais directa ligação de Escher à arquitectura passa por ser pelos estudos, que efectuou na Faculdade de Arquitectura e Artes Decorativas de Haarlem, o que curiosamente não durou muito tempo, pois o instinto de Escher estava definitivamente ligado às artes gráficas⁴⁴. Apesar de tudo, e como podemos comprovar no seu repertório, este não se vai separar da arte de edificar. É a ligação e paixão do artista a Itália que o leva ao desejo de representar as paisagens e as próprias ruas das cidades italianas, tal como podemos ver na figura 14, onde Escher representa a costa de Amalfi (comunidade pertencente à província de Salerno).

Ainda no início do seu percurso como artista gráfico, a passagem por Alhambra e Granada, deixa-o fascinado pelos azulejos lá presentes (legado dos povos mouros), e que Escher decidiu muitas vezes copiar,

⁴² ESCHER, M. C. - Gravuras e Desenhos M.C. Escher. p.5.

⁴³ BERRO, Roberto – Relações entre arte e matemática: Um estudo da obra de Maurits Cornelis Escher.

⁴⁴ ERNST, Bruno – O espelho mágico de Escher. p.8

tal como podemos observar na figura 13, num esboço que fez em Alhambra. São as representações dos azulejos que o inspiraram a entrar no mundo da metamorfose⁴⁵, figura 15.

Fernando Acevedo considera que as obras de Maurits Escher se dividem por várias fases. Este autor acredita que os períodos da sua vida e as cidades que visitou foram determinantes para o processo de criatividade.

Acevedo identifica então uma primeira fase que se divide em três: a de Holanda (até 1922), a de Itália (1922 a 1935) e a de Suíça e Bélgica (1935 a 1941). Os primeiros anos na Holanda identificam-se pela representação de retratos de pessoas, onde inclui alguns auto-retratos, de desenhos da natureza e também, já no final dessa fase, pelo início de desenhos de divisão de planos.⁴⁶ Itália apresenta-se como o período em que Escher ganha gosto pela representação de cidades devido ao fascínio pelas paisagens italianas. Nestes anos dedica-se ao desenho detalhado com o uso de luz e sombras. Os períodos na Suíça e na Bélgica são definidos por Fernando Acevedo, pelo abandono do desenho da natureza e das paisagens, concentrando-se antes no desenho de divisões de planos. É nesta altura que Escher desenvolve e expande os seus conhecimentos matemáticos.⁴⁷



Figura 13 - Desenho dos mosaicos de Alhambra por Escher

⁴⁵ OZGAN, Sibel Yasemin; OZKAR, Mine – Playing by the rules: Design reasoning in Escher's creativity. p.25.

⁴⁶ ACEVEDO, Fernando – Escher y el arte imposible. p.62

⁴⁷ Ibidem p.63



Figura 14 - M.C. Escher: Cost of Amalfi, 1931

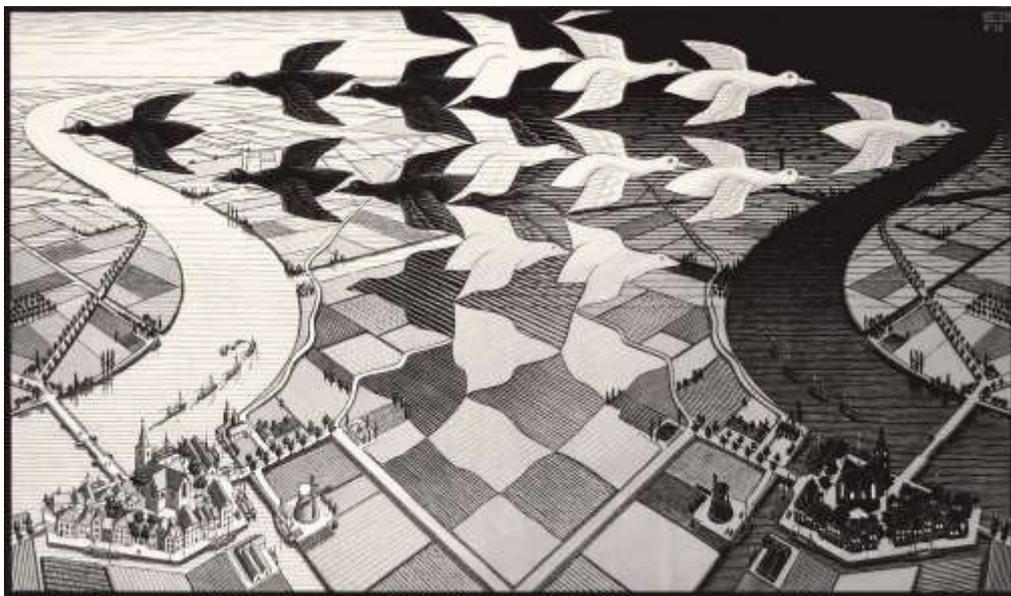


Figura 15 - M.C. Escher: Dia e Noite, 1938

A segunda fase, de 1941 a 1955, é caracterizada pelo mesmo autor por uma etapa onde o artista se encontra mais maduro. Escher apresenta então nesta fase uma combinação de todos os elementos aprendidos e apreendidos até ao momento, passando pela representação de divisão de planos, de metamorfoses e de espaços tridimensionais. É nesta época que começa a desenvolver obras mais complexas, também devido ao seu interesse pelas arquitecturas impossíveis e pelo infinito.⁴⁸

Por fim a terceira e última etapa, de 1955 a 1972, concentrou-se quase unicamente no estudo do infinito, de limites e da divisão de planos⁴⁹. Devido à divisão de planos ter sido um tema que Escher foi sempre estudando e desenvolvendo na sua vida artística, se houver uma comparação entre os iniciais e os finais é notória a sua evolução.

Neste sentido, o artista desafia as leis da física e da arquitectura, entra num mundo paradoxal e leva consigo, para esse mundo desequilibrado, o espectador, este que por instantes se tenta desemaranhar dessa irrealidade.

No mundo arquitectónico apercebemo-nos da impossibilidade de existência de certas estruturas e sistemas modelares que no nosso mundo físico são inconcebíveis. É este mundo arquitectónico que vai posteriormente ser explorado, na intensa procura de compreender de que maneira Maurits Escher cria esses mundos de perspectivas impossíveis e perceber quais são as normas e os princípios em que se baseia.

2.3.2 ILUSÃO DE ÓPTICA EXPLORADA EM PERSPECTIVA

“Nas minhas gravuras eu tento mostrar que vivemos num mundo belo e ordenado, e não num caos sem regras ... Eu não consigo deixar de brincar com as nossas certezas estabelecidas. Tenho grande prazer, por exemplo, em confundir deliberadamente a segunda e a terceira dimensões, plana e espacial, e ignorar a gravidade.”⁵⁰

O repositório de Escher é composto por desenhos cheios de movimentos, ritmos e discontinuidades e como é de prever, a aplicação de toda essa ambiguidade nas representações em perspectiva, tanto cónica como axonométrica, não passam em branco.

As reproduções arquitectónicas recorrem à exploração do mundo perspectivado e é a partir de regras da geometria e da matemática que este artista desenha os temas da ilusão de óptica. Como exemplo do

⁴⁸ Ibidem p.63-64

⁴⁹ Ibidem p.64

⁵⁰ TJABBES, Pieter – O mundo mágico de Escher.

domínio de Escher na representação em perspectiva, apresentamos dois exemplos bem distintos. Na figura 16, é possível observarmos à esquerda uma figura em perspectiva com um ponto de vista central e numa outra figura à direita uma representação em perspectiva axonométrica.

Com o passar dos anos, e com mais experiência adquirida, Escher começa a ganhar gosto não pela representação da arquitectura real, mas pela representação de arquitecturas impossíveis, que levam ao conflito da percepção do observador.

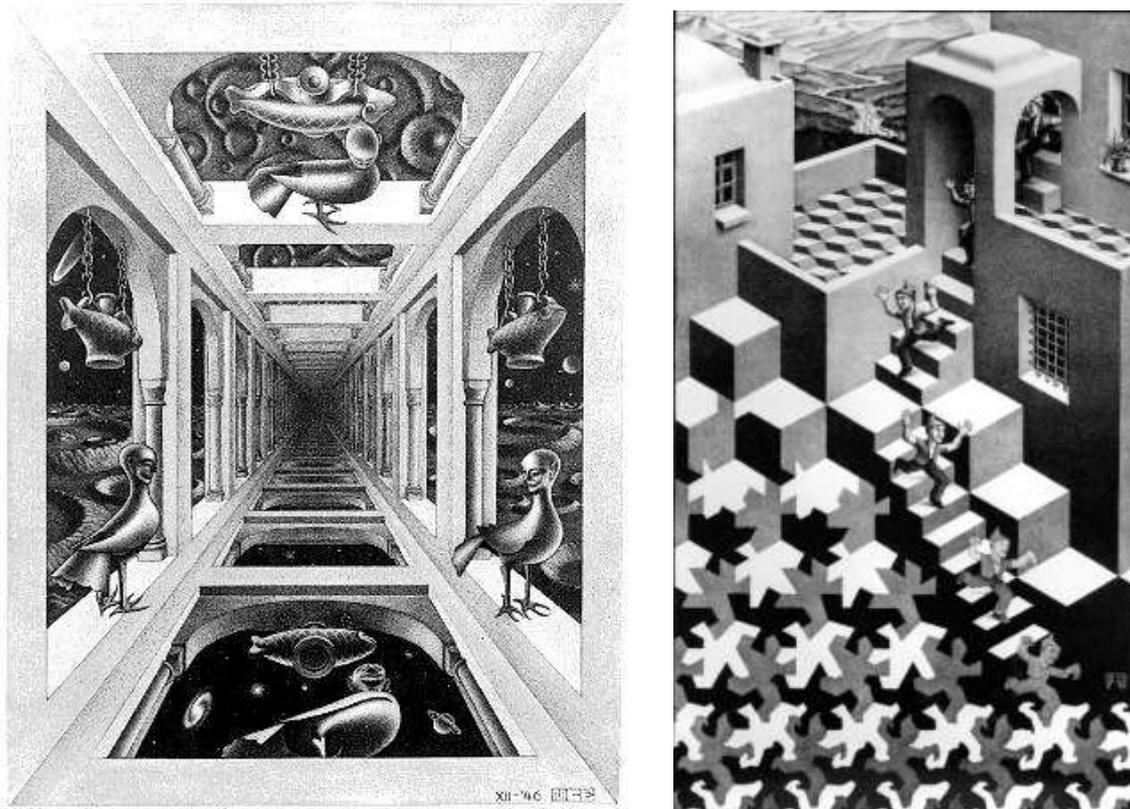


Figura 16 – À esquerda: M.C. Escher: Um outro mundo I, 1946 p46; À direita: M.C. Escher: Ciclo, 1947

As obras deste artista caracterizam-se pelo uso de vertentes utópicas, e manipulação do espaço. Escher demonstra-nos a arquitectura “*ambígua na medida em que assumimos que pavimentos e coberturas são horizontais e colunas são verticais.*”⁵¹. As representações arquitectónicas em perspectiva dedicam-se ao uso de composições que enfatizam a comunicação do observador com o espaço.

Neste sentido, existe a necessidade de Escher falar com o público e transmitir o que sente. Ana Leonor Rodrigues defende que “*o desenho nunca perdeu um lado imediatista e espontâneo que permite ao seu autor manifestar directamente sentimentos ou impressões*”⁵². Para Escher é importante que o observador consiga habitar os seus desenhos nos quais, apresenta não só os seus sentimentos, mas também as experiências e vivências. Assim, num habitar mental, o espectador cria as suas próprias observações e maneiras de viver esse espaço manipulado.

A litografia Côncavo e Convexo de 1955 é exemplo da desordem da percepção cognitiva trabalhada por Escher, devido à complexidade que demonstra quando se dá a intersecção das ilusões de óptica com a repetição dos elementos arquitectónicos, que juntos irão gerar confusão, tal como podemos ver na figura 17. Se à primeira vista parece não haver qualquer desordem no quadro, quando observado ao pormenor compreendemos que este necessita de uma análise mais atenta, pois cada espaço do quadro conta uma história. Este torna-se estimulante por cada elemento do desenho possuir paradoxos geométricos, que se obtêm pelo uso da luz e sombra.⁵³

O desenho, representado em perspectiva axonométrica, é composto por vários elementos arquitectónicos tais como vãos, pilares e escadas, estas últimas ligadas a diferentes espaços, onde se pode considerar a existência de falta de gravidade. A axonometria é notória num estudo de Bruno Ernst quando representa os cubos sobre os quais o desenho se baseia. Nessa imagem representada na figura 18, percebemos que os cubos têm projecção paralela, figura que Escher reproduz, de forma astuta, na bandeira (localizada na parte superior direita da obra).⁵⁴

Quanto aos objectos do desenho, estão distorcidos de maneira a que muitas das características estruturais possam ser entendidas como côncavas ou convexas, dependendo da percepção do observador. É em grande parte a manipulação do efeito luz-sombra que produz a ilusão da alternância irreal côncavo-convexo.

⁵¹ GOMBRICH, Ernst - *Meditations on a Hobby Horse: And other essays on the theory of art.*

⁵² RODRIGUES, Ana - *O desenho: ordem do pensamento arquitectónico.* p.87.

⁵³ ACEVEDO, Fernando – *Escher y el arte imposible.* p.67

⁵⁴ ERNST, Bruno – *O espelho mágico de Escher.* p.8

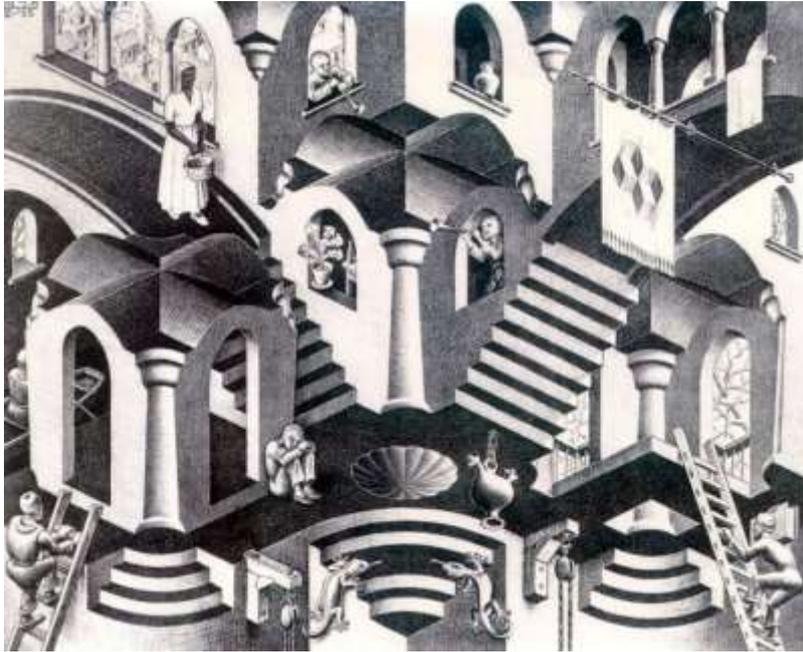


Figura 17 - Côncavo e Convexo, 1955

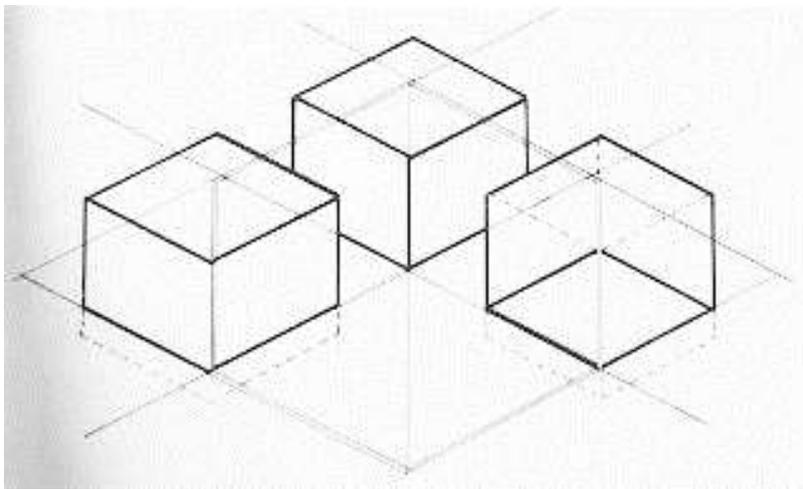


Figura 18 - Esquema de posição dos cubos em Côncavo e Convexo

No livro *Escher y el arte imposible*, Fernando Acevedo apresenta a imagem coluna fora do contexto, figura 19 à esquerda, e questiona o observador como vê a imagem: se côncava ou se convexa. A verdade é que, apesar de à primeira vista optarmos por uma das opções, esta imagem se contextualizada, é definida sem dúvidas como côncava ou convexa, tal como o autor depois apresenta nos exemplos da à direita da mesma figura.⁵⁵

Na obra em questão, *Côncava e Convexa*, como tudo é um paradoxo, é de difícil percepção qual a orientação dos objectos. Existe uma altura em que ao olharmos para esta obra a perspectiva é lógica, mas a ligação dos elementos, devido à sua ambiguidade, encontra-se em constante mudança. A zona pintada de cinzento no centro da imagem é exemplo disso: se numa perspectiva se pode considerar soalho, noutra pode considerar-se o tecto. Os vãos apresentam também diferentes perspectivas.

Na figura 20 apresentamos outro estudo de Bruno Ernst onde o holandês apresenta o desenho dividido em quatro partes. Através da divisão do desenho percebemos que conseguimos ler os espaços, individualmente, sem nos interrogarmos, pois, parece existir a lei da gravidade. Outro aspecto a retirar desta figura é que se observarmos a imagem localizada mais à esquerda, apresenta uma arquitectura convexa, e quanto mais para a direita, mais côncavos se tornam os objectos. Podemos ainda considerar que na parte da esquerda estamos a percepção voltada para nadir e à direita voltada para zênite (a parte central torna-se ambivalente).⁵⁶

A combinação das perspectivas com os jogos de luz e sombra geram no espectador desorientação e dúvidas sobre qual o real sentido do desenho. No anexo A1 é possível observar os estudos executados por Escher para realização desta obra.

A obra *A Cascata*, é um desenho de 1961, representado na figura 21, e distingue-se também pela ambiguidade das formas e pelo movimento contínuo e infinito. De repente a água está a correr e o observador vivencia aquele mundo.

A obra em questão, desenhada em perspectiva axonométrica, representa um moinho onde a água corre entre duas torres, por um circuito em ziguezague e cai em forma de cascata. A confusão acontece quando percebemos que o circuito que a água percorre é fisicamente impossível.

Se nos focarmos na imagem percebemos que no nosso mundo físico a água não corre para cima, devido à gravidade. *“Se seguirmos com os olhos as linhas desta figura, de repente fazem-se necessárias mudanças súbitas na interpretação da distância entre o objeto e o observador.”*⁵⁷.

⁵⁵ ACEVEDO, Fernando – *Escher y el arte imposible*. p.67

⁵⁶ ERNST, Bruno – *O espelho mágico de Escher*. p.8

⁵⁷ TJABBES, Pieter – *O mundo mágico de Escher*. p.133.

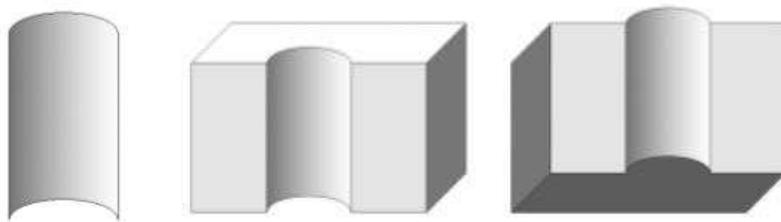


Figura 19 – Estudo de Fernando Acevedo: À esquerda: coluna fora do contexto; À direita coluna contextualizada (Côncava e Convexa)

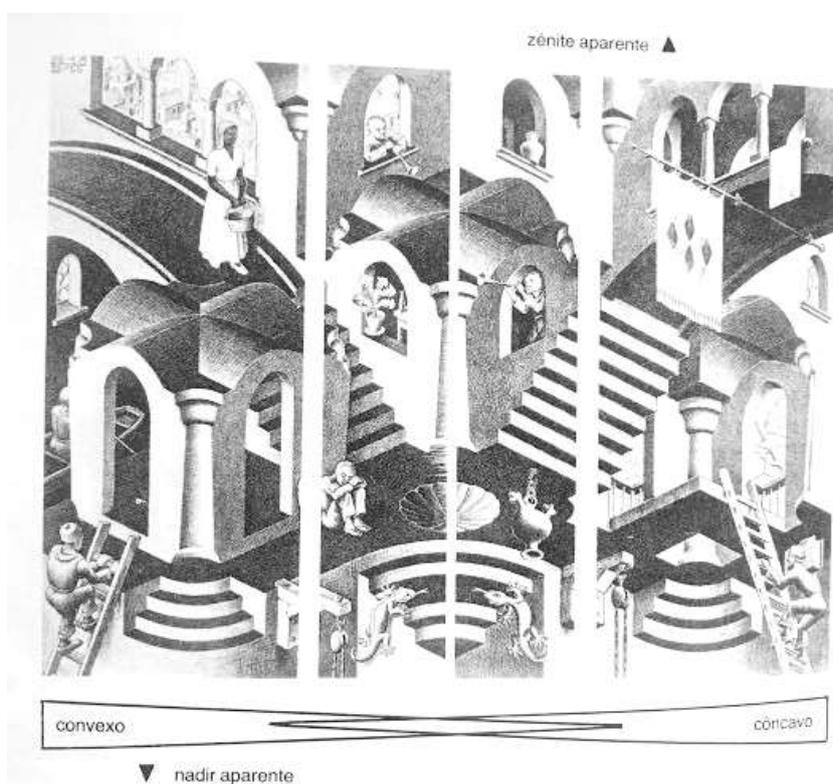


Figura 20 - Estudo de Bruno Ernst: divisão em faixas verticais

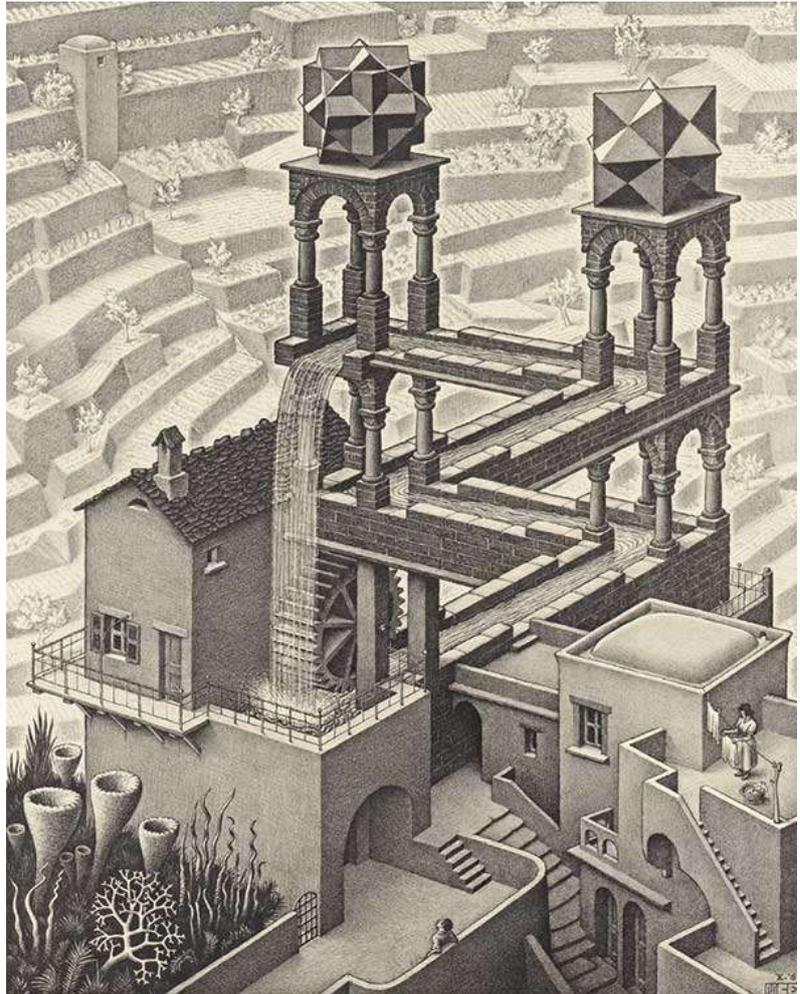


Figura 21 - M.C. Escher: Cascata, 1961



Figura 22 - Triângulo de Penrose

Neste quadro o artista baseia-se na utilização da ilusão do triângulo de Penrose. Este triângulo é conhecido pelas três barras que o constituem, mas todas as arestas dessas barras unem a pontos diferentes, como é possível ver na figura 21. Segundo Pieter Tjabbes, foram os matemáticos Lionel e Roger Penrose que sugeriram a ideia de utilização do triângulo nas suas obras⁵⁸.

Os estudos da relação entre o Triângulo de Penrose e a obra de Escher, a Cascata, vão permitir-nos compreender melhor as regras que Escher utilizou para a sua execução. A montagem feita no conjunto das três imagens seguintes mostra-nos onde o triângulo foi aplicado, figura 22 (sendo que os triângulos representados estão abrangidos por um Triângulo de Penrose maior).

Através desse estudo percebemos que este objecto é a estrutura básica da composição desta obra. O resultado é notório, Escher utilizou três vezes a teoria do Triângulo de Penrose. Assim, conseguimos ter uma noção muito mais simples da manipulação da perspectiva no desenho. O triângulo é formado por duas arestas que fazem ângulos de 90º e uma terceira verticalmente ligada ao final dessas duas. O facto de o triângulo não estar ligado pelos mesmos elementos faz com que a percepção humana não o entenda como uma forma única, mas sim como várias formas dissociáveis, aí dá-se a confusão. São estes factores que nos mostram o porquê deste circuito de água em ziguezague ser impossível.

Acevedo, experiencia ainda a divisão da imagem em dois mostrando que, se vistas separadas, individualmente, as imagens passam a fazer sentido, figura 24.⁵⁹ Concluimos que, vistas isoladas uma da outra, as imagens parecem possíveis pois não existe a impossível união entre as arestas do triângulo. No anexo A2 é possível observar os estudos de Escher para realização desta obra tão ambígua.



Figura 23 - Estudo da relação entre a obra Cascata e o Triângulo de Penrose

⁵⁸ Ibidem. p.27.

⁵⁹ ACEVEDO, Fernando – Escher y el arte imposible. p.69

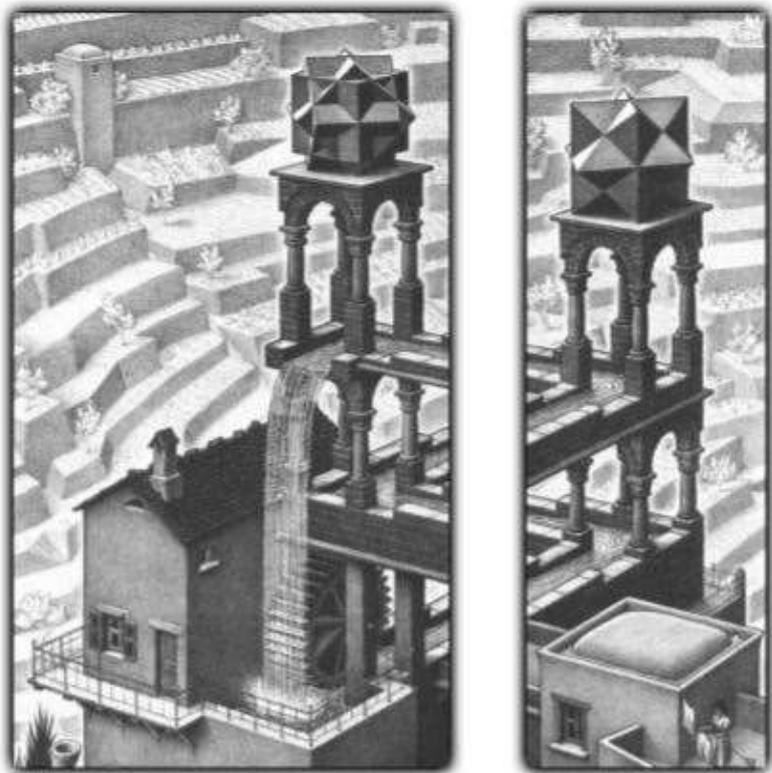


Figura 24 - Estudo de Fernando Acevedo

Neste mundo de representações em perspectiva enquadra-se também a litografia *Sobe e Desce*.

Esta obra foi executada com recurso à perspectiva com três pontos de fuga e representa uma torre que contém um pátio interior, e onde a cobertura é composta por uma escadaria sem fim. Ou seja, seguindo as escadas num sentido ou noutro entramos num movimento cíclico, figura 25.

Para dar ênfase a esse acontecimento, Escher fez questão de desenhar vários indivíduos, nas diferentes direcções e esclarece *“Talvez faça parte de suas obrigações diárias galgarem essas escadas no sentido horário, em determinadas horas. Ao se cansarem, poderão mudar de sentido, descendo por algum tempo.”*⁶⁰

Numa observação atenta à obra, que à primeira vista parece representar uma torre com uma planta rectangular, percebemos que a escadaria presente no topo não apresenta o mesmo número de patamares por cada lado, o que nos faz concluir que, neste sentido, a torre não tem a forma quadrada.

Estas escadas são também baseadas numa figura impossível de Penrose: a escada de Penrose, que é possível ser analisada na figura 26. Nesta figura compreendemos como se dividem os patamares. Analisando também a planta desta escadaria na figura 27, vemos que tem um lado com três patamares, outros dois com seis e outro com quatro, sequencialmente.

Quis com isto Escher conseguir o efeito das escadas infinitas, sendo que o que existe mesmo são umas escadas inacabadas, isto para conseguir criar ilusão de óptica.

Se observarmos a figura 28, constatamos que é uma questão meramente perspéctica, basta rodar ligeiramente o ponto de observação e a imagem altera-se, algo que já vimos em exemplos anteriores.

Os esboços de Escher para esta obra podem ser vistos no anexo A3.

Estes desenhos, definidos por fenómenos visuais, são determinados pela concretização das manipulações do espaço e dos objectos. As imagens vão sendo interpretadas, seguindo uma hierarquização de estímulos visuais, o que vai permitir que o espectador apreenda a mensagem na sua totalidade. *“These scenes cannot be constructed in their “global” entirety in reality, but yet small “local” portions of the scene do not seem to contradict basic Euclidean geometric laws when viewed individually.”*⁶¹

⁶⁰ TJABBES, Pieter – O mundo mágico de Escher. p.131.

⁶¹ SAVRANSKY, Guillermo; DIMERMAN, Dan; GOTSMAN, Craig – Modeling and Rendering Escher: Like Impossible Scenes. p.173.

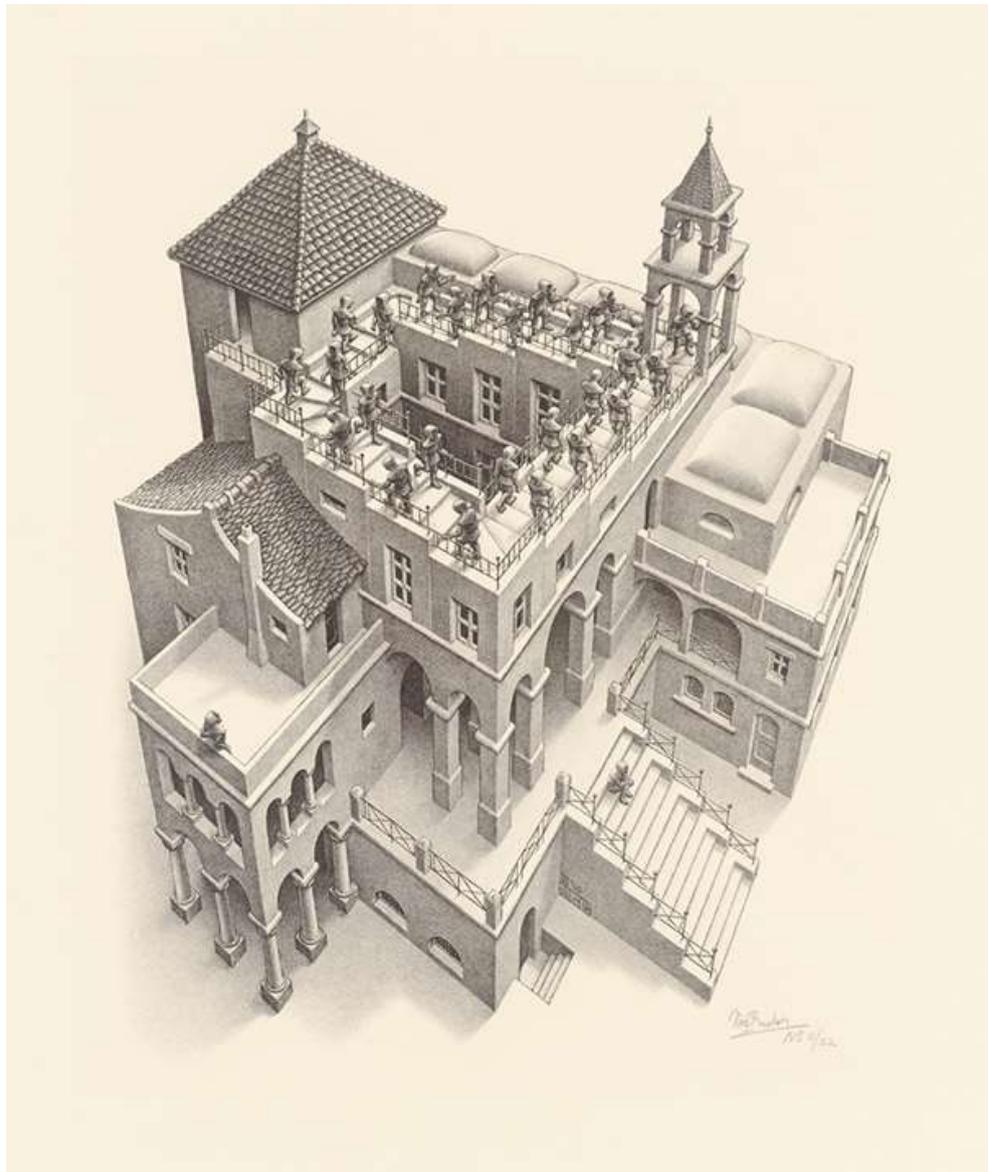


Figura 25 - M.C. Escher: Sobe e Desce, 1960

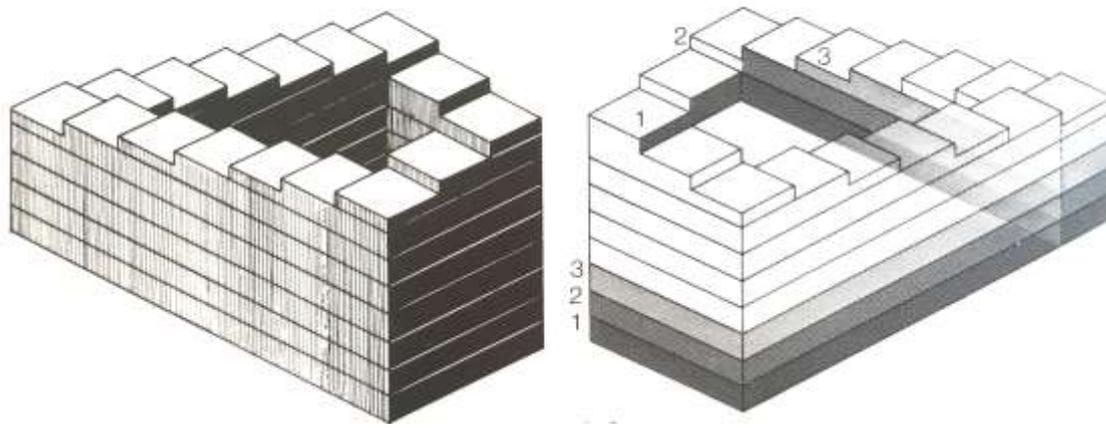


Figura 26 - Desenhos de Penrose

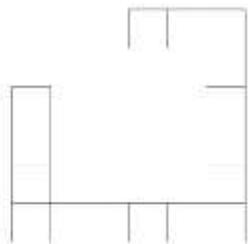


Figura 27 - Escadas vistas em planta

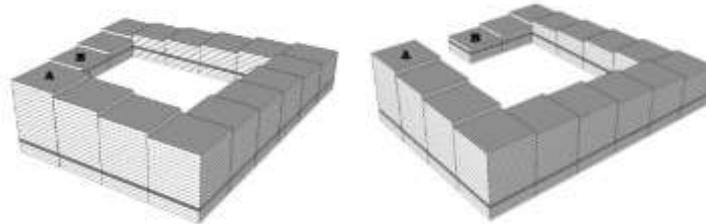


Figura 28 - Modelação das escadas por Fernando Acevedo

Podemos ainda analisar as obras Relatividade e Belveder.

Na obra Relatividade, figura 29, Escher concentra-se em manobrar a perspectiva recorrendo a três pontos de fuga, tal como é possível ver no anexo A4, onde num esboço Escher recorre à utilização dos pontos de fuga. Aqui o artista tenta dividir a imagem por zonas perspécticas diferentes, e com campos gravitacionais diferentes, o que, na visualização total da imagem, leva o espectador à confusão cognitiva.

O nome da obra torna-se numa metáfora com o que efectivamente acontece no desenho. Na obra relatividade a gravidade é apresentada como relativa.

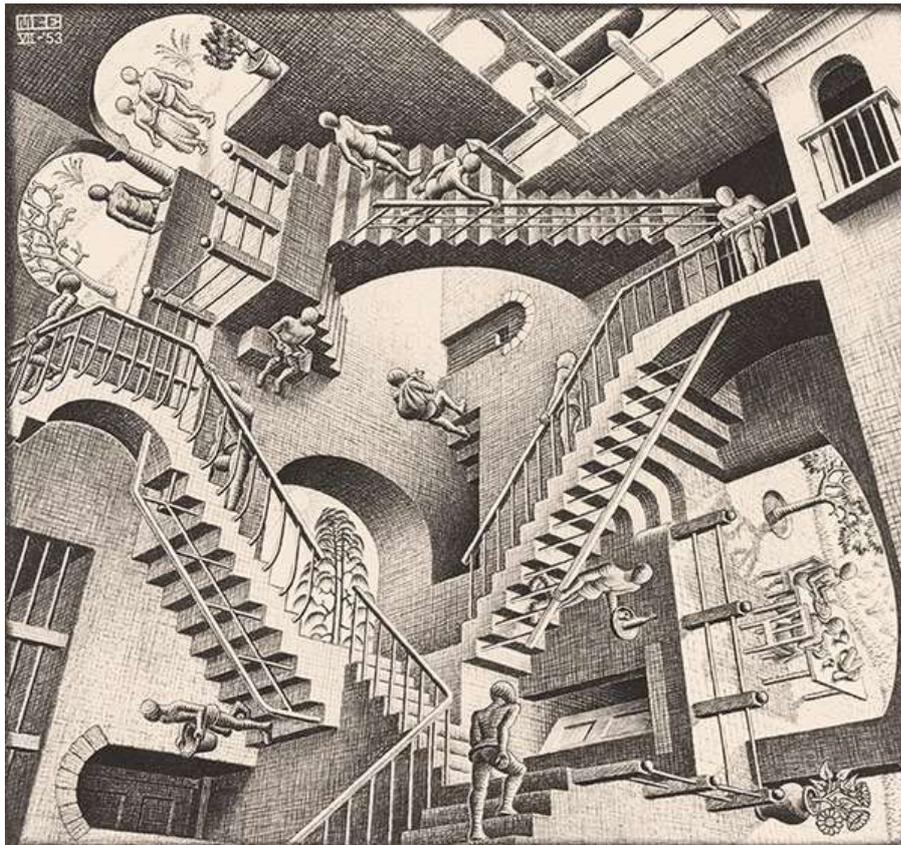


Figura 29 - M.C. Escher: Relatividade, 1953

Nas imagens da figura 30 é possível compreender a divisão do quadro por três forças de gravidade, segundo o plano cartesiano, com a existência de paredes perpendiculares entre si. As personagens presentes dividem-se perante o eixo a que pertencem, com o estudo da figura 30 torna-se mais evidente pois os planos XYZ e as figuras são divididas por cores: plano x está representado a amarelo; plano y a verde; e o plano z a vermelho.

As três escadas presentes estão representadas na continuidade das paredes de cada plano e são diferentes entre elas, e duas delas são acessíveis de dois lados.⁶²

Pode dizer-se que nesta obra fica ao critério do leitor qual eixo que quer percorrer experimentando o espaço numa liberdade total, criando visões pessoais.

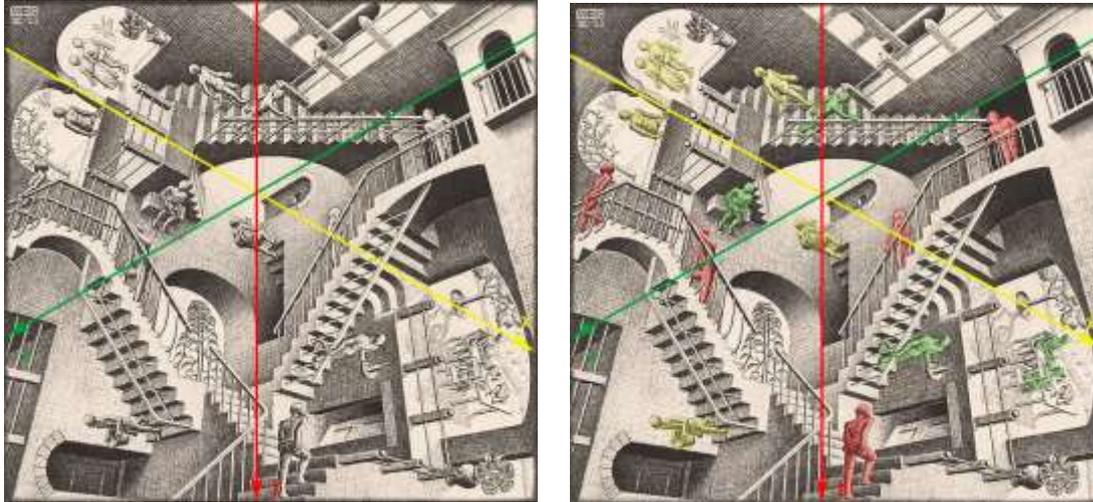


Figura 30 - Análise dos planos XYZ. Plano Z: vermelho; Plano Y: verde; e Plano X: amarelo, adaptado dos estudos de Fernando Acevedo

Na obra *Belveder*, figura 31, somos remetidos para um edifício de três andares, onde vários indivíduos caminham por ele, e para um fundo de uma paisagem natural montanhosa.

O ponto de principal compreensão desta obra está no rapaz sentado, perto de um papel caído no chão, a segurar um cubo, mas que tipo de cubo é este? Se repararmos no desenho que está no chão, representa um cubo com dois círculos que parecem estar a seleccionar algo. Comparado com o que o rapaz tem nas mãos, e tendo em atenção os círculos marcados no desenho, nessas zonas este cubo vai fazer ligação a partes diferentes em relação a um cubo regular, na figura 32 podemos ver o excerto do quadro ampliado.⁶³

Reparemos agora na distorção do edifício. Os dois pisos superiores são postos por varandas suportadas pilares. Seguindo o percurso dos pilares percebemos que enquanto os traseiros avançam verticalmente unindo à parte da frente do chão, os pilares da frente são remetidos a um percurso contrário e unem à parte traseira do soalho, tal como no cubo referido atrás.

O facto de a percepção humana demorar mais a considerar esta manipulação deve-se ao brilhantismo de Escher em quase conseguir disfarçar esse acontecimento. Não só porque os pilares seguem todos a mesma

⁶² MACGILLAVRY, Caroline – The symmetry of M. C. Escher’s “impossible” images. p.125

⁶³ MACGILLAVRY, Caroline – The symmetry of M. C. Escher’s “impossible” images. p. 134.

leitura visual, mas também porque o chão/tecto que dividem ambos os pisos são vistos quase na horizontal, não sendo tão notória a existente manipulação de formas.

Este movimento de torsão aparente no edifício, e conseguido através dos pilares, é então baseado no cubo que o rapaz segura. Nesta obra Escher subentende a mensagem do desenho no desenho e desafia as leis da perspectiva. No Anexo A5 são representados os desenhos de Escher para realização desta obra.

O fascínio por estas obras acontece então pela simultânea representação de processos geométricos, matemáticos e físicos. Estes vão permitir que Escher brinque com os elementos presentes nas suas obras através de movimentos, de perspectivas e de jogos perceptuais com os objectos.

As representações em perspectiva apresentam-se como uma técnica bastante bem dominada por este artista. Seguindo este princípio de projecção Escher consegue organizar, e desorganizar, o espaço através de pontos, linhas, sombras ou marcas, o que termina em imagens extraordinariamente complexas, tanto na composição técnica como na composição da percepção cognitiva.

Já a utilização de regras definiu a formação da ilusão nos desenhos deste artista. Após análise dos mesmos, nota-se que o Triângulo de Penrose e o Cubo de Necker, são os elementos que mais sobressaem nas suas obras. São estes que provocam o primeiro impacto na percepção no observador e é onde reside o principal segredo da ilusão.

Escher procurou continuamente o uso de regras e variações de sistemas. Nas suas obras tanto nos apresenta pormenores racionais como criativos e o resultado final é a ilusão óptica.



Figura 31 - M.C. Escher: Belveder, 1958

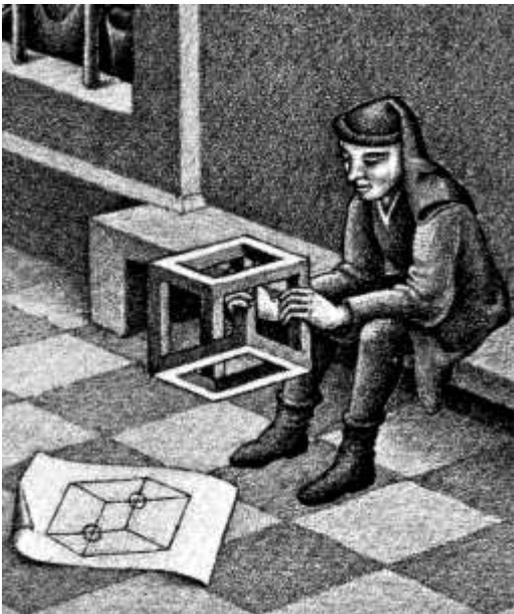


Figura 32 – Pormenor de Belveder

3. COMPREENDER O MUNDO AXONOMÉTRICO

Seguidamente iremos abordar a perspectiva e compreender os vários ramos em que se divide, caminhando mais especificamente para a perspectiva axonométrica e abordando a ilusão de óptica nesta representação.

Assim, e como para criar ilusão precisamos de regras, será feito um estudo sobre as mesmas, partindo das regras gerais onde abordaremos o ponto de vista específico, luz e sombra, e a movimentação no espaço arquitectónico, para chegarmos as regras axonométricas específicas onde iremos abordar o Triângulo de Penrose, o Tridente Impossível e o Cubo de Necker.

Posteriormente ao estudo das regras faremos uma aproximação entre o mundo digital e a arquitectura axonométrica adotando como caso de referencia o jogo digital Monument Valley que tem como conceito a ilusão de óptica aliada a movimentação de elementos arquitectónicos.

3.1 ESTUDO DA PERSPECTIVA (AXONOMÉTRICA)

No universo arquitectónico a presença da geometria surge como uma ciência fundamental. Ludovico Quaroni define três diferentes usos da geometria na arquitectura: o estudo e conhecimento da construção de formas (que podem não ser arquitectónicas); o instrumento de produção de desenhos bidimensionais nos quais conseguimos ter percepção do espaço tridimensional; e o meio de comunicação entre o cliente e o arquitecto⁶⁴.

A exactidão e objectividade da geometria é um factor que facilita a leitura e compreensão não só ao observador, mas também ao artista.

A perspectiva, que se assume como um campo de estudo da geometria, é a arte de desenhar a tridimensionalidade sobre superfícies planas. O desenho em perspectiva promove uma melhor percepção formal e espacial nos desenhos arquitectónicos, e pode ser usado como uma ferramenta de precisão para o arquitecto.

O efeito óptico da perspectiva está sempre presente no nosso dia-a-dia, em tudo o que vemos. No papel, a representação em perspectiva pode ser feita em projecção cónica ou paralela, sendo na projecção paralela que se encontra a axonometria, que irá ser abordada mais ao pormenor.

Antes de entrarmos no mundo da axonometria, e para melhor entendimento, vamos apresentar as diferenças entre a projecção cónica e paralela e as suas subdivisões.

⁶⁴ LUDOVICO, Quaroni - Proyectar un edificio: ocho lecciones de arquitectura.

Começando pela projecção cónica, esta classifica-se como a representação onde as linhas partem segundo um ponto de observação, localizado numa distância finita, figura 33 à esquerda; a projecção paralela acontece pela intersecção de linhas paralelas entre si no plano de projecção, e onde o observador se encontra numa posição infinita perante o objecto, figura 33 à direita.

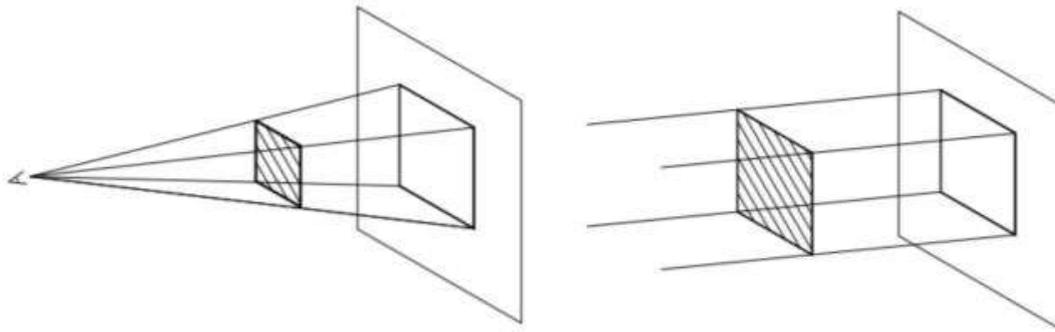


Figura 33 - À esquerda projecção cónica ; À direita projecção paralela

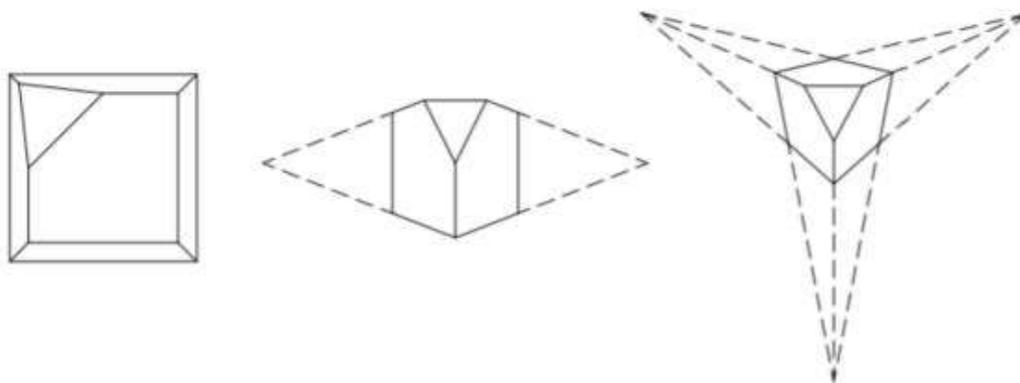


Figura 34 - Projecção cónica: representação com um, dois e três pontos de fuga, respectivamente da esquerda para a direita

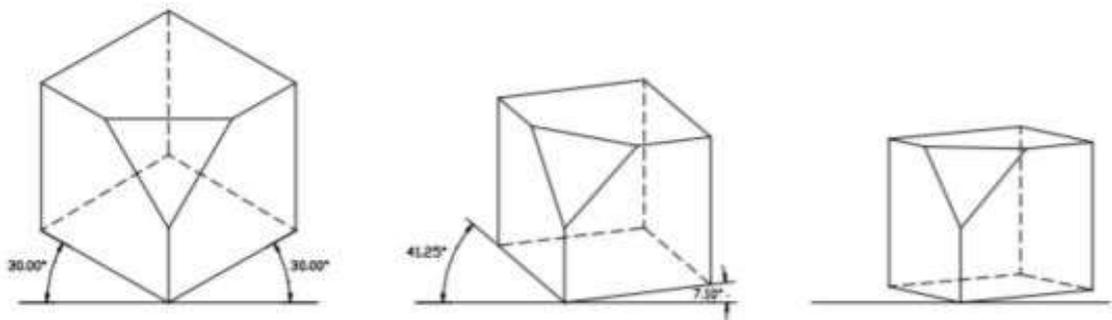


Figura 35 - Projecção axonométrica: Isométrica, dimétrica e trimétrica, respectivamente da esquerda para a direita

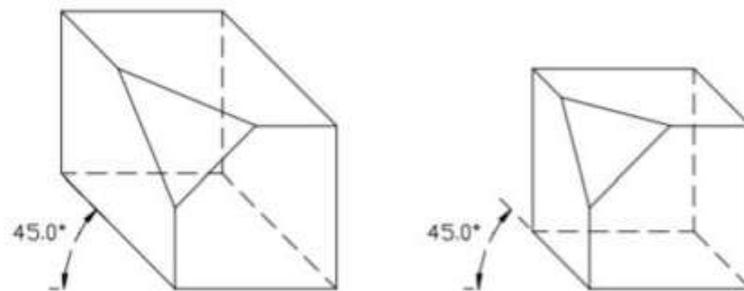


Figura 36 - Projecção oblíqua: Projecção cavaleira e projecção gabinete, respectivamente da esquerda para a direita

Nos tipos de projecção cónica (ou central) temos as projecções com um, dois ou três pontos de fuga, como é possível observar no exemplo da figura 34. Na projecção paralela (ou cilíndrica), os tipos de projecção dividem-se entre: projecção ortogonal, ou axonométrica, que se subdivide em perspectivas isométricas, perspectivas dimétricas e perspectivas trimétricas, figura 35; e projecção oblíqua que se subdivide em na projecção cavaleira, ou militar, e na projecção gabinete, figura 36.

Neste sentido, e entrando agora no mundo axonométrico, a axonometria acontece quando nenhuma das superfícies é paralela ao plano de projecção. O que distingue os tipos de projecções axonométricas são os ângulos que fazem com o mesmo plano de projecção, tal como podemos ver na figura 35. Ou seja, na isometria os três eixos x , y , e z projectados fazem ângulos de 120° , na dimetria existem dois ângulos com a mesma amplitude e o terceiro com uma amplitude diferente, sendo mais usuais nesta perspectiva os

ângulos de 100° e 130° e na trimetria todos os ângulos são diferentes, sendo que num deles se aplica o coeficiente de redução.

A axonometria, que derivada da geometria, surge então como uma ferramenta de projecção paralela que pode gerar uma quantidade infinita de representações. Esta remonta a séculos passados e, embora o surgimento seja de difícil especificação, pode ser observada tanto em pinturas ocidentais, figura 37, como em pinturas orientais, figura 38, como na arquitectura civil e também na arquitectura militar, figura 39.⁶⁵

O pintor Karl Pohlke, em 1953, estabeleceu o teorema de projecção axonométrica, figura 40, classificando a axonometria *“um quadrângulo plano O'X'Y'Z' pode sempre tomar-se por projecção paralela de três segmentos OX, OY e OZ iguais, com um ponto O comum, e dois a dois ortogonais”*⁶⁶.



Figura 37 - Representações proto-axonométricas na pintura Ocidental



Figura 38- Representações proto-axonométricas na pintura oriental

⁶⁵ HAYK, Martirosyan, TRINARI, Diletta – Axonometry as representation of more than architecture: Th prespective of Venice Biennale 2016

⁶⁶ MATEUS, Luís – Geometria numa escola de arquitectos. p.9

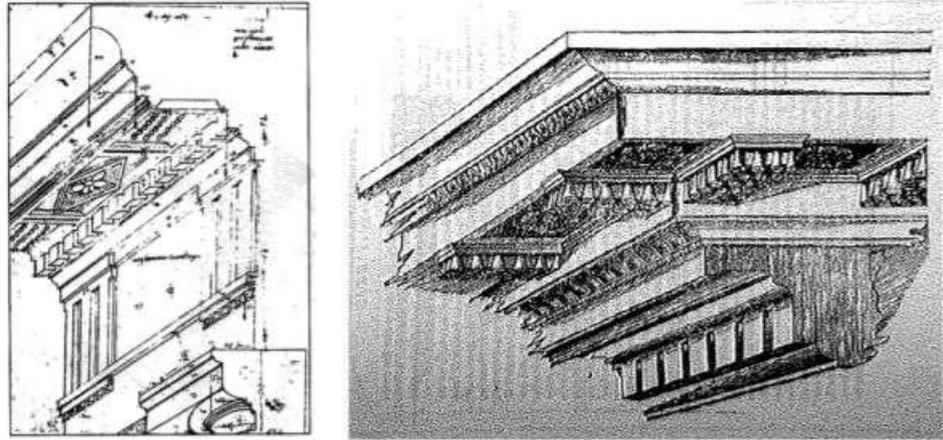


Figura 39 - Representações axonómicas em tratados de arquitectura civil

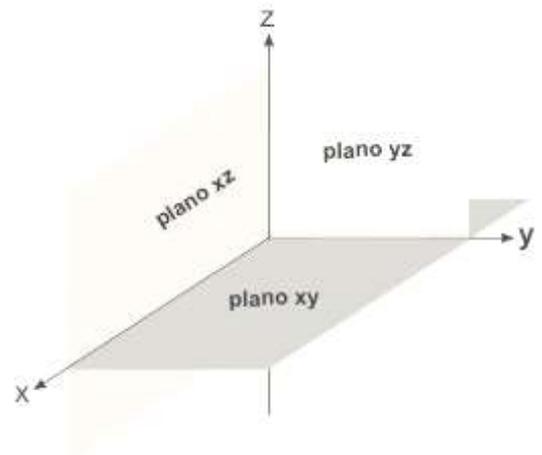


Figura 40 - Plano de projecção axonómica

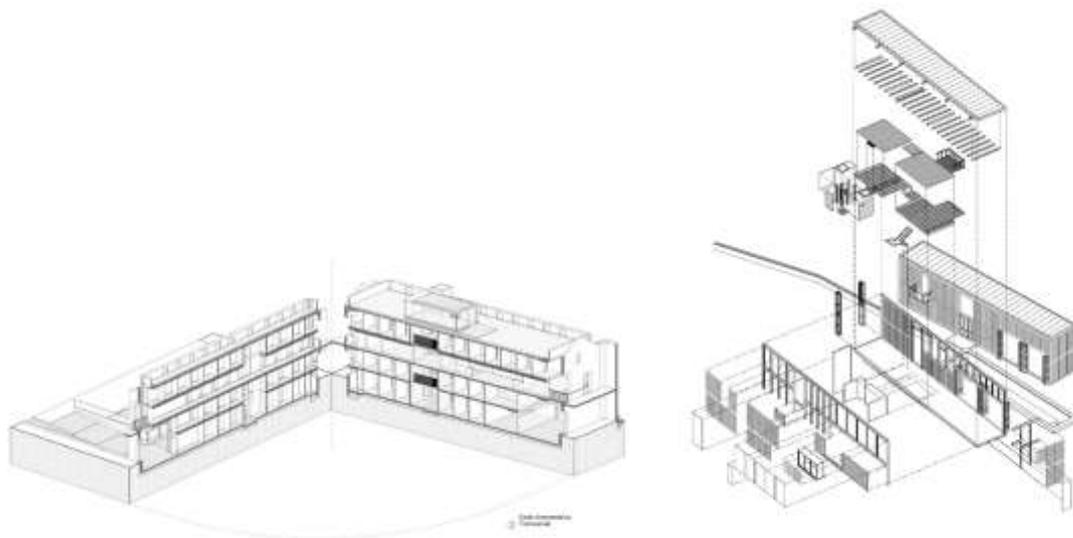


Figura 41 - Representação axonométrica em corte (esquerda) e representação axonométrica explodida (direita)

Neste sistema de projecção as figuras são associadas a um referencial triortogonal que se divide em três planos harmonizados, segundo H. Abreu *“permite representar o modelo de modo muito próximo da visão do observador, ao mesmo tempo que dá indicações sobre as suas três dimensões — comprimento, largura e altura. A representação axonométrica — também chamada perspectiva axonométrica — considera, para um modelo a três dimensões, igual número de eixos principais, perpendiculares entre si, os quais se projectam sobre um plano — plano axonométrico”*.⁶⁷ Esses planos, são compostos por pontos que estão contidos em rectas e que resultam na projecção de uma forma. G. Stiny define forma como *“um arranjo limitado de linhas retas definidas num sistema de coordenadas cartesianas com eixos reais e uma métrica euclidiana associada”*.⁶⁸

A facilidade de interpretação dos desenhos arquitectónicos em representação axonométrica deve-se à capacidade deste desenho não hierarquizado, permitir o corte, a explosão e também a representação de transparências, figura 41, de maneira a desvendar o interior do objecto. Esta é uma característica da axonometria que não é possível aos olhos do Ser Humano no mundo real, transmitindo uma leitura mais objectiva e simples. Giovanni Batista Belici considera que esta representação *“serve à prática (...) porque temos necessidade de ver a coisa inteira, distinta, mensurada, com as quais se possa encontrar a verdade precisamente”*⁶⁹.

⁶⁷ ABREU, Helena - Educação Artística. p.69

⁶⁸ *“A shape is a limited arrangement of straight lines defined in a cartesian coordinate system with real axes and an associated euclidean metric”* STINY, George, MITCHELL, William – The Palladian grammar.

⁶⁹ SCOLARI, Massimo - Elementi per una storia dell'axonometria. p.43.

A visualização axonométrica, apresenta-se ainda maioritariamente representada em vista aérea, embora também seja possível desenhar com uma vista de baixo. Numa visão superior podemos assumir que adoptamos a posição de um pássaro, que voa por cima do objecto representado.

O arquitecto Alberto Sartoris, que se tornou um admirador e determinado utilizador da axonometria, descreve-a como uma ferramenta de simplificação da arquitectura *“duas axonometrias, tomadas de ângulos opostos do objecto, ilustram de modo suficientemente completo um projecto”*. Os projectos deste artista apoiaram-se numa representação axonométrica rigorosa desenvolvendo uma técnica de projecções a preto e branco ou totalmente coloridas, figura 42.

Sartoris via também com bastante relevância a representação de detalhes construtivos, estereotomias e mecanismos em projecção axonométrica, algo que outrora Leonardo da Vinci já tinha adoptado no seu processo artístico, figura 43.

Na figura 44 verificamos que o arquitecto Renzo Piano se apoiou também na representação axonométrica, neste caso explodida, para melhor entendimento dos seus projectos.

Já o artista Theo van Doesburg, que foi um dos signatários do manifesto *“De Stijl”*, representa, tal como defendiam nos seus ideais, desenhos de formas geométricas abstractas com recurso à axonometria e a cores primárias (azul, vermelho e amarelo), figura 45.

Podemos ainda pensar a representação axonométrica como o instrumento que permite a concepção de objectos inexistentes. Queremos com isto dizer que a axonometria promove também a realização de projecções paradoxais num espaço infinito. Contudo, para uma correcta representação axonométrica, estamos sempre sujeitos ao rigor e a regras.

Para conseguirmos mostrar como a ilusão é trabalhada na axonometria temos de estudar as regras que nos mostram como a ilusão é dominada neste mundo.

A concepção de desenhos em representação axonométrica cresceu de tal modo que hoje em dia grande parte dos artistas optam por criar desenhos não manualmente, mas assistidos por computador. Um dos factores positivos na produção de desenhos assistidos por computador encontra-se no facto de já existirem vários software que conseguem uma reprodução objectiva, extremamente realista e por vezes de mais simples concepção.

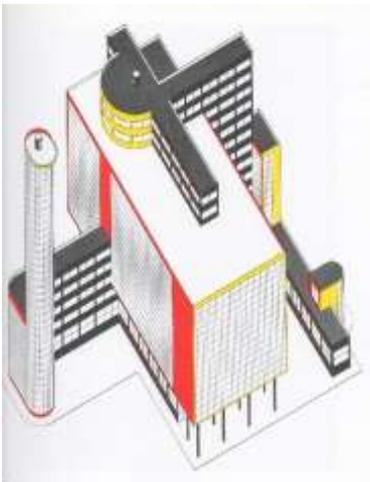


Figura 42 - Desenhos axonométricos de Albert Satoris

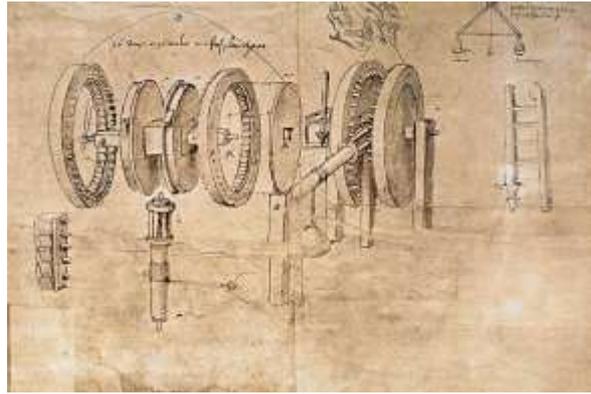


Figura 43 - Leonardo da Vinci: Esboço de um guindaste em representação axonométrica explodida

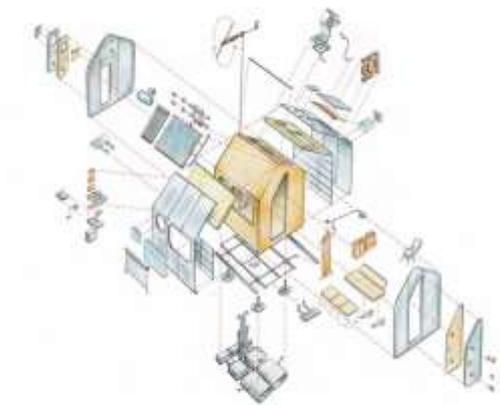


Figura 44 - Estudo em axonometria explodida, Renzo Piano – Diogene



Figura 45 - Contra-Construction Project, Theo van Doesburg

3.2 REGRAS NA REPRESENTAÇÃO DA ILUSÃO AXONOMÉTRICA

“Quem quiser retratar algo que não existe tem de obedecer a certas regras. As regras são mais ou menos aquelas do narrador de contos de fadas: deve-se aplicar a função de contrastes, deve-se causar um choque.” M. C. Escher⁷⁰

Como já foi mencionado anteriormente, as regras aparecem como um elemento essencial para pensar numa correcta manipulação do mundo arquitectónico. Torna-se fundamental primeiramente, antes de se desenvolverem novos projectos criativos, o estudo e compreensão das regras existentes.

O seguimento de princípios possibilita explorar novos espaços, o segredo está na forma como as regras são aplicadas, o que faz parte do processo criativo, e posteriormente podem até criar-se novos conhecimentos.

Como foi possível analisar nos desenhos de arquitectura impossível de Maurits Escher, constatamos que este artista dominava o espaço mediante a lógica e pelo estudo de regras, procurando sempre usar novas regras e consequentemente criar novas composições artísticas.

No presente trabalho final de mestrado, torna-se fundamental compreender a óptica axonométrica na construção gráfica de imagens ilusórias. Neste universo de manipulação visual existe a possibilidade de conseguirmos retratar um mundo idealizado através do controlo de vistas, perspectivas ou ângulos. A ilusão óptica resulta da contradição entre movimentos e o sujeito. *“Uma ilusão surge da discrepância entre as soluções perceptivas geradas em duas situações diferentes, a partir de um mesmo objeto. Quando nos damos conta de tais discrepâncias, surpreendemo-nos como se o nosso sistema sensorial estivesse “enganado” (...)”*⁷¹.

Na construção de desenhos ou imagens existe uma forma de construção de ambientes que contemplam conceitos arquitectónicos tais como: espaço, profundidade, movimento, luz, sombra ou proporção.

Os paradoxos para criar um mundo impossível são provocados quando o cérebro se questiona à cerca de questões gravitacionais, de profundidade ou de ordem dos planos, influenciando as inquietações mentais onde o cérebro procura respostas.

Seguidamente serão abordadas algumas das regras que podem ser fundamentais para a manipulação do mundo arquitectónico em representação axonométrica.

⁷⁰ TJABBES, Pieter – O mundo mágico de Escher. p.129.

⁷¹ BALDO, Marcus, HADDAD, Hamilton – Ilusões: Olho mágico da percepção. p.11

Neste trabalho será elaborado uma tabela que dividirá as regras entre: gerais e específicas. O objectivo é sobre as regras gerais, dissertar à cerca de uma regra pertencente a um acontecimento onde o objecto consegue ser manipulado segundo os princípios determinados; e regras específicas, que estão já directamente ligadas a objectos concretos, com movimentos pré-definidos que nos levam à ilusão de óptica.

Neste sentido, a tabela seguinte divide as regras segundo gerais e específicas:

| Regras gerais | Regras específicas |
|---------------------------------------|----------------------|
| Ponto de vista específico | Triângulo de Penrose |
| Luz e sombra | Tridente Impossível |
| Movimentação no espaço arquitectónico | Cubo de Necker |

Seguidamente, e segundo a tabela anteriormente representada, iremos pormenorizar e clarificar as regras enunciadas.

3.3 REGRAS GERAIS

Começando nas regras gerais, vamos então abordá-las de maneira a perceber quando e de que maneira conseguimos usufruir desta técnica de maneira a conseguir baralhar a percepção do observador em projecção axonométrica.

3.3.1 PONTO DE VISTA ESPECÍFICO

Podemos considerar a observação a partir de um ponto de vista específico uma das várias formas de produzir ilusão óptica.

Focando-nos neste recurso em específico, a base para criação deste fenómeno está na deformação de uma matéria previamente determinada. Vai existir um ponto de vista em particular que, apesar da existência de manipulações na imagem, o nosso cérebro corrige, e assume como possível. A partir da alteração do ponto de observação vão também existir alterações nas formas dos objectos, o que acontece é a manipulação da percepção do observador.

A figura 46 apresenta dois casos de estudo de Bruno Ernst. Nessas imagens o autor representa: na imagem da esquerda, uma esfera rodeada por um triângulo de Penrose e uma flor amarela que se encontra sobre uma outra esfera preta; e na imagem da direita, um rectângulo com uma argola vermelha inserida numa das suas arestas.

O que Ernst pretende transmitir com estes estudos é que, dependendo de diferentes pontos de observação conseguimos ter diferentes percepções. A utilização de um espelho permite-nos observar os objectos em diferentes pontos de vista e perceber a existência de ilusão de óptica. Bruno Ernst comprova que o ponto de vista do observador interfere com a percepção do objecto.

A estátua localizada em Claisebrook Square em East Perth, Austrália, esculpida pelo artista Brian McKay e pelo arquitecto Ahmad Abas também reflecte como a percepção humana muda dependendo do ponto de vista. É notório que num determinado ponto de vista é possível a visualização do Triângulo de Penrose, já noutros pontos de vista esta estátua não passa apenas de três barras apoiadas numa outra, figura 47. Experiência que em 1968 já tinha sido testada por Richard Gregory produzindo o mesmo objecto, mas em menores dimensões e em madeira, figura 48.



Figura 46 - Estudo de Bruno Ernst



Figura 47 - Estátua dos artistas Brian McKay e Ahmad Abas, East Perth



Figura 48 - Triângulo de Penrose - estudo de Richard Gregory

3.3.2 LUZ E SOMBRA

A utilização de luz e sombra conduzem o observador para a profundidade e, por sua vez, para a tridimensionalidade de um objecto, acusando possibilidades de manipulação, num objecto que se apresenta com maior realismo.

É através sombra que conseguimos ter a percepção da forma, do volume e do posicionamento no espaço dos objectos. Na verdade, a sombra apresenta-se como uma cor, e é pela distinção das diferentes tonalidades que conseguimos ter a noção da posição espacial. Na análise da figura 49 conseguimos compreender a existência de diferentes cores de sombra que nos dão diferentes noções do espaço.

Ainda referente à sombra, existem dois elementos essenciais para construir e organizar os volumes e a posição dos objectos no espaço. Falamos então de sombra projectada e sombra própria. Consideramos sombra própria aquela que surge dependente da forma e do volume do objecto, ou seja *“reconhecida como uma transformação da cor do próprio objecto”*, e sombra projectada a *“transformação da cor das superfícies adjacentes”*, apresentando-se dependente da posição do objecto no espaço.⁷²

A sombra é essencial na ilusão pois, num objecto que não apresente sombra própria, o observador não vai conseguir ter percepção do volume do mesmo, no entanto caso no objecto exista sombra própria, mas não exista sombra projectada, o observador continua a ter dificuldades de percepção, mas desta vez referente ao posicionamento do objecto no espaço.

O estudo, a compreensão e o domínio da luz e da sombra tornam-se fundamentais para este trabalho final de mestrado.

⁷² PERNÃO, João – A cor como forma do espaço definida no tempo: Princípios estéticos e metodológicos para o estudo e aplicação da cor em arquitectura e nas artes. p.92

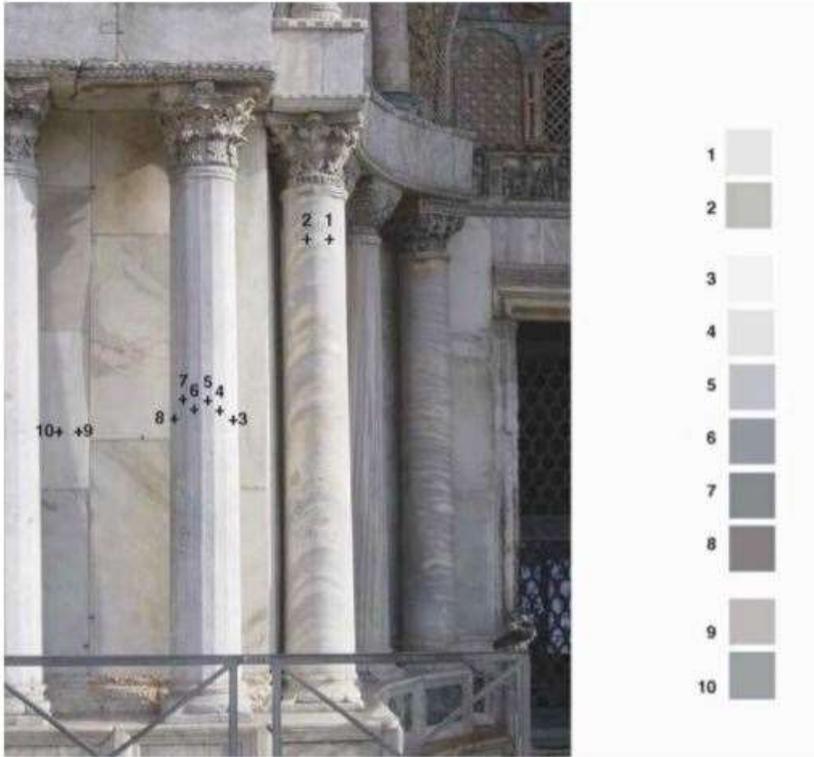


Figura 49 – Análise da relação entre a cor da sombra e a profundidade, João Pernão

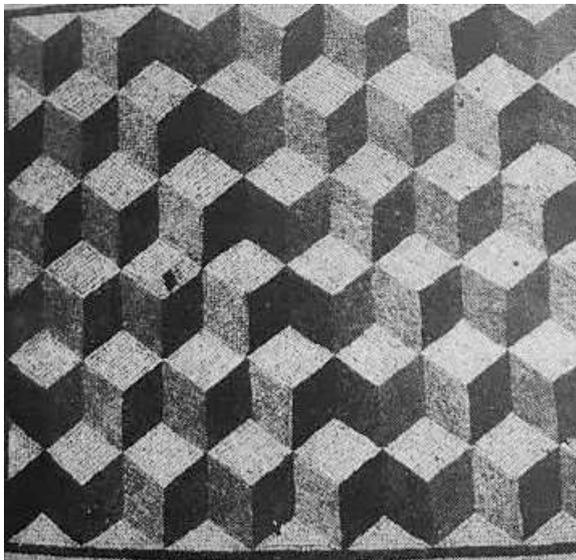


Figura 50 - Mosaico de Antioquia

A partir desta técnica é possível fornecer informação mais fidedigna através da manipulação da luz, que vai ser reflectida ou absorvida nas superfícies dos objectos. Desta forma, esta técnica permite-nos apreciar as diversas qualidades do espaço como a textura, a forma, a cor, entre outras.

O conhecimento da realidade tridimensional, é o culminar da junção melódica de jogos de luzes e sombras. Através destas é possível realçar espaços, de forma a tornar cada elemento com características únicas, ao longo do espaço e do tempo, de modo a que a sensibilidade do observador seja afectada pelos jogos de luzes.

Um exemplo de luz e sombra é o já apresentado “*Côncavo e Convexo*” onde os objectos se diferenciam pelo reflexo existente na peça.

Artistas da Antiguidade clássica, também já utilizariam esta técnica, tal como podemos verificar no desenho do cubo reversível. Na figura 50, apresentamos uma ideia de representação do cubo reversível. Neste mosaico a representação dos cubos torna-se ambígua, pois tanto pode ser identificado um cubo cheio, onde a luz mais clara projectada pode ser considerada a plataforma superior, tal como paradoxalmente pode ser identificado um cubo vazio, onde a parte mais clara é também a face superior.⁷³ Ou seja, tanto pode ser considerado que a luz é projectada de cima, como de baixa, tudo depende da percepção de assumimos.

A representação destes cubos pode também ser observada nas obras de Escher, tal como podemos observar na figura 16 (à direita). Conseguimos então perceber que a utilização da luz e da sombra é um factor que vai dar mais solidez aos objectos. Ao aplicarmos este efeito conseguimos também perceber qual o sentido da luz, e desta maneira dos objectos. Assim, pode afirmar-se que o efeito luz pode também ser um factor de manipulação das imagens.

O realismo nas representações axonométricas proporciona uma maior relação entre o espectador e a obra, possibilitando um deambular do espectador pelo espaço da composição partindo para uma experiência perceptiva (que pode ser impressionantemente ambígua). Assim, os software de jogos digitais, onde são criados espaços arquitectónicos ilusórios, funcionam com base em regras definidas pelo criador/jogador, dependendo das suas intenções.

3.3.3 MOVIMENTAÇÃO NO ESPAÇO ARQUITECTÓNICO

A regra de movimentação no espaço arquitectónico entra também nas regras para manipulação da arquitectura axonométrica.

⁷³ IDEM. p.233

Esta regra tem um carácter especial pois cria confusão não pela manipulação dos elementos arquitectónicos, mas sim pela manipulação dos objectos que se irão movimentar no espaço arquitectónico.

Esta vai necessitar de uma personagem (ou de um objecto que assumamos como móvel) para considerarmos que este princípio exista. De outra maneira, apenas aceitamos o objecto na projecção à qual a realidade física nos remete.

Neste sentido, este princípio de movimentação no espaço arquitectónico é perceptível com a presença de uma personagem, e partindo do princípio, que no espaço onde se move, não existe gravidade. Segundo esta regra a personagem vai então conseguir mover-se por qualquer elemento arquitectónico tais como: chão, parede ou tecto. Ou seja, a personagem vai ter acesso a qualquer plano X, Y ou Z.

O facto da personagem se movimentar num plano completamente diferente do real, vai criar no espectador desordem cognitiva. O que este vê não faz qualquer sentido na sua percepção porque não faz parte do correcto, do convencional e até mesmo do exequível.

A obra "*Relatividade*" de Escher é um exemplo onde a gravidade existente dependendo do plano a que nos remetemos. Como foi mostrado anteriormente no estudo da figura 29, dependente do plano, X, Y ou Z, que assumimos, temos distintas percepções do espaço.

3.4 REGRAS ESPECÍFICAS

Neste trabalho de final de mestrado definimos regras axonométricas específicas como aquelas que se estabelecem por um objecto determinado. Ou seja, ao usufruir de uma regra específica, partimos do pressuposto que nesse princípio existe a utilização, e posterior manuseamento, de um objecto próprio e já existente para manipulação do observador e do espaço.

Em seguida vamos enumerar e dissertar à cerca de algumas figuras que conseguem ser paradoxais, perceber como funcionam e como as podemos utilizar.

3.4.1 TRIÂNGULO DE PENROSE

Já bastante mencionado anteriormente, o Triângulo de Penrose apresenta-se como uma figura que imediatamente consegue perturbar a percepção do observador.

Segundo Pieter Tjabbes, este Triângulo foi criado pelos matemáticos Lionel e Roger Penrose⁷⁴ e exibe-se como uma excelente figura para aplicar e sujeitar a um mundo caoticamente irreal. Figura da qual Escher também desfrutou para criar as suas obras arquitectonicamente impossíveis.

Analisando o Triângulo de Penrose, possível observar na figura 51 (e já anteriormente mostrado), presenciamos não um triângulo comum, ao qual estamos habituados, mas antes um triângulo que na cabeça do Ser Humano não só não faz sentido, como é impossível.

Este Triângulo é constituído por três barras, mas a união das suas arestas acontece de forma irregular. Acompanhando as faces das barras que formam o Triângulo de Penrose percebemos que estas executam um movimento que vai resultar na torção do objecto e consequentemente na ilusão.

Recorrendo a uma das figuras utilizadas por Escher na obra "*Relatividade*" e recorrendo também à figura 51 localizada à esquerda realizamos um estudo que permite compreender a forma como as faces do Triângulo são manipuladas de maneira a existir uma alteração na forma e na direcção da(s) peça(s).

Segundo a figura 51 à esquerda, que se assume com três cores distintas: preto, cinzento e branco, em que cada uma identifica a direcção de cada face, aplicamos outras cores diferentes das que estavam a ser utilizadas para dar mais destaque à mensagem que queremos transmitir. Neste sentido, as cores utilizadas foram amarelo, verde e vermelho, e aplicámos as figuras de Escher podendo assim analisar as faces individualmente, figura 51 à direita. Com a ajuda das figuras, que se distinguem também por cores, conseguimos ter uma noção mais exacta do espaço e da direcção das faces, pois na verdade as figuras estão a seguir a cor a que pertencem.

Se imaginarmos que o caminho destas figuras continua, verificamos que estes caminham para o infinito. Fisicamente, no nosso mundo real, a existência e a ideia de percorrer um espaço deste género é totalmente impossível.

No entanto, esta regra se associada à regra de observação a partir de um ponto de vista específico torna-se possível, tal como é possível observar nos estudos de Bruno Ernst, que foram analisados anteriormente, na figura 46.

3.4.2 TRIDENTE IMPOSSÍVEL

A figura Tridente aparece também como uma figura impossível. Esta imagem foi mencionada em 1964 por D.H. Schuster, que encontrou esta figura numa secção de publicidade num jornal que estava no avião onde

⁷⁴ TJABBES, Pieter – O mundo mágico de Escher. p.133.

se encontrava. Rapidamente Schuster ficou impressionado com a ambiguidade da figura e com a maneira como esta interferia com a percepção visual.⁷⁵

Entrando na análise da imagem, à primeira vista, quando se observa a imagem Tridente, e numa análise rápida e precipitada, dizemos que o objecto que vemos é uma figura composta por três barras redondas que se ligam, paralelamente entre elas a um retângulo. Contudo, numa observação mais atenta e crítica percebemos que isso não acontece nesta imagem.

Partindo para um estudo mais atento desta imagem percebemos então que esta figura é sim composta por três barras redondas paralelas entre elas, mas quando observamos a ligação destas barras ao rectângulo final, tudo passa a não fazer sentido.

Voltamos a olhar para as barras redondas, e estas afinal já não se assumem redondas, ou podem até reconhecer-se como redondas, mas apenas na parte inicial, pois no final encontram-se achatadas. Concluimos ainda que não existe nenhum retângulo (ao qual supostamente uniriam as barras redondas), na parte final da figura.

O que acontece nesta figura é essencialmente ilusão de óptica. Se por um lado a figura parece fazer algum sentido, observada mais ao pormenor passa a uma figura totalmente incompreendida.

O mesmo estudo de reconhecimento do espaço foi efectuado nesta imagem. Com as mesmas cores: amarelo, verde e vermelho, marcamos os três espaços possivelmente existentes nesta figura, figura 52.

A utilização de cores nesta figura permite-nos uma melhor percepção e cognição da mesma.

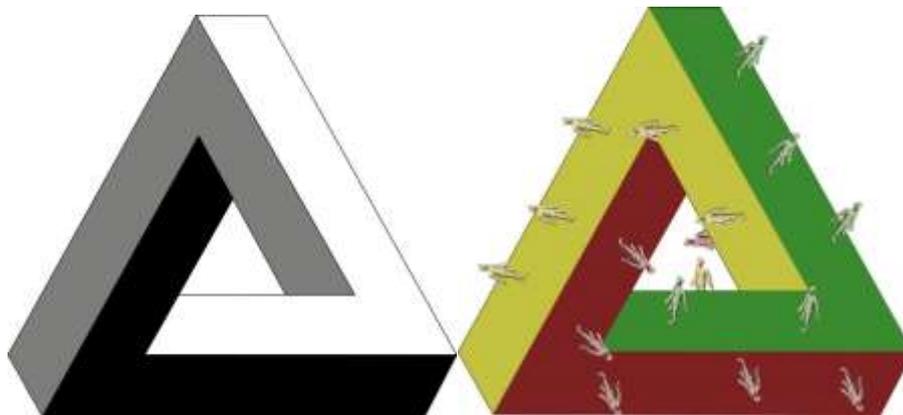


Figura 51 – À esquerda: Triângulo de Penrose; À direita: Estudo do Triângulo de Penrose

⁷⁵ SCHUSTER, Donald - A New Ambiguous Figure: A Three-Stick Clevis. p.673, .

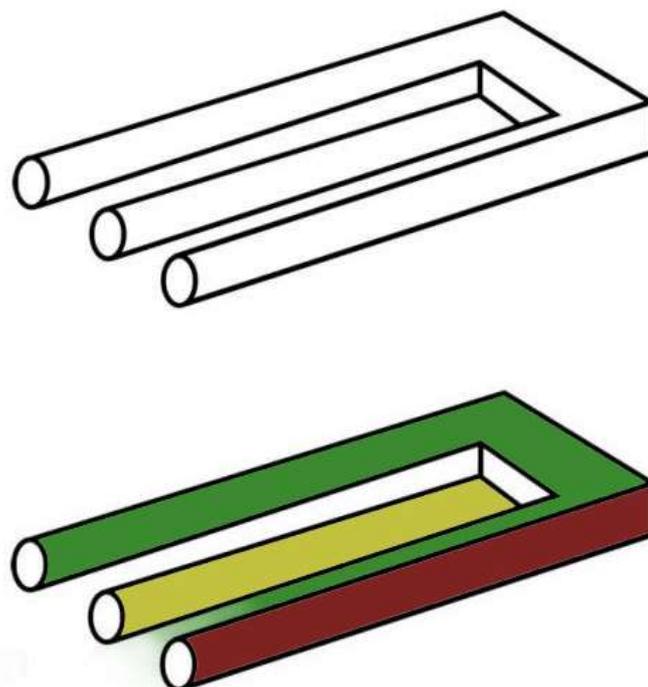


Figura 52 – Em cima: Tridente Impossível; Em baixo: Estudo do Tridente Impossível

3.4.3 CUBO DE NECKER

O cubo de Necker é uma ilusão de óptica que foi publicada pela primeira vez em 1832 pelo cristalógrafo e geógrafo suíço, Louis-Albert Necker, de onde deriva o nome.⁷⁶ Esta figura mostra-se também como uma figura impossível no espaço tridimensional.

Analisando a imagem do cubo tridimensional que apresentamos na figura 53 à esquerda, assumimos automaticamente que o nosso cérebro o vê como um cubo regular, tal como apresentamos na mesma figura à direita.

Contudo, observando novamente e mais atentamente a figura 53, constatamos que podemos ter várias percepções desta forma, tal como podemos ver na figura 54. Esta figura apresenta-nos duas percepções diferentes do mesmo cubo, basta analisar as invisibilidades. Para além destes dois exemplos, podemos

⁷⁶ FOUNTOLAKIS, Konstantinos; MAGIRIA, Stamatia; PANAGIOTIDIS, Panagiotis; KANTARTZIS, Sotiris; TERZOGLOU, Vassiliki; ORAL, Timucin - A standardized scoring method for the copy of cube test, developed to be suitable for use in psychiatric populations.

ainda reconhecer que o cubo se pode assumir-se como um cubo não regular. Este princípio determina-se observando as linhas que se cruzam no interior do cubo.

O que acontece no estudo do cubo de Necker, é que a partir da imagem do cubo tridimensional da figura 53, dito convencional, Louis-Albert Necker faz emergir uma figura tridimensional impossível.

Observando a figura 55, o Cubo de Necker, percebemos que as ligações das arestas do cubo não são as ditas de convencionais. A aresta vertical esquerda mais afastada, apresenta-se sobreposta à aresta horizontal superior mais próxima, algo que é impraticável. O reconhecimento da manipulação axonométrica parte da percepção e cognição do observador.

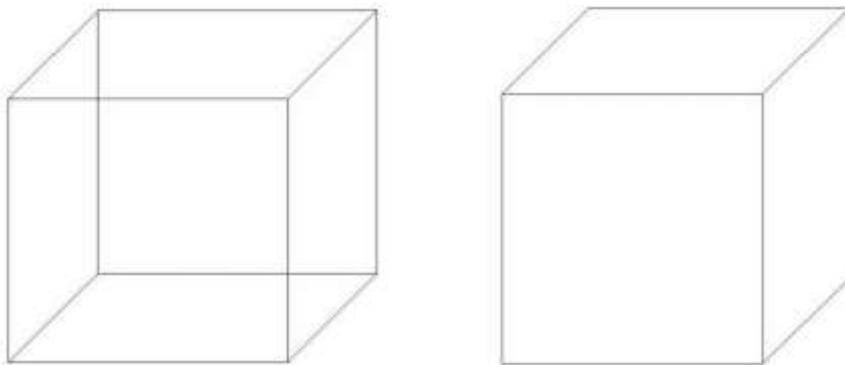


Figura 53- À esquerda: Cubo tridimensional com todas as linhas visíveis; À direita: Cubo tridimensional assumido num pontos de vista

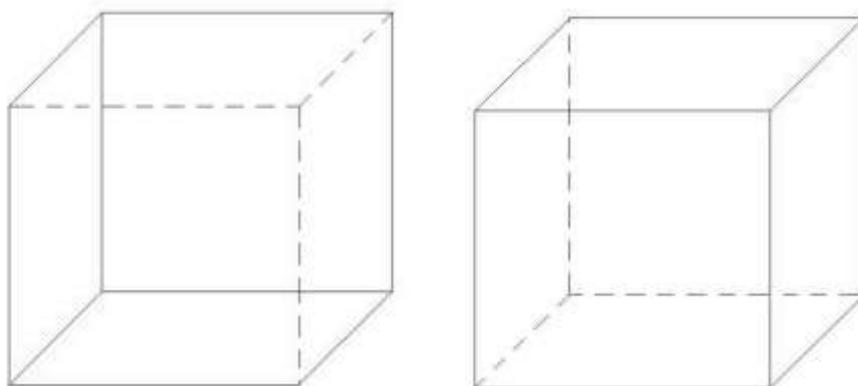


Figura 54- Cubo tridimensional convencional

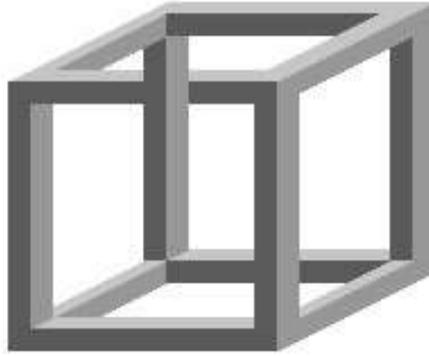


Figura 55- Cubo de Necker

A representação dos variados elementos na forma axonométrica remete-nos para a profundidade, distância e inclinação. *“A perspectiva baseia-se numa regulamentação geométrica que controla a profundidade das vistas e, por isso, a gradação sistemática e hierárquica dos objectos no espaço”*⁷⁷. São estes factores que nos permitem compreender a sua tridimensionalidade. A rigorosa linguagem da perspectiva permite criar movimentos da matéria, o que possibilita a realização de elementos ilusórios que conseguem baralhar o cérebro humano.

Através de diferentes perspectivas é possível ao ser humano apreender visualmente diferentes objectos e duplicá-los de formas diferentes.

⁷⁷ MASSIRONI, Manfredo - ver pelo Desenho, p.100.

4. MUNDO DIGITAL E ARQUITECTURA AXONOMÉTRICA

A ilusão virtual promove experiências no espaço que levam o indivíduo a reflectir sobre como observamos a realidade. A magia no mundo digital está na eficácia de representação da realidade ou da imaginação, transformando o espaço num plano fixo e achatado.

A utilização de sistemas digitais está ligada à arquitectura há meio século. Hoje em dia grande parte da execução de projectos arquitectónicos, por vezes altamente complexos, passam por processos computacionais, como por exemplo o software CAD, até à sua produção final estabelecendo novos paradigmas.⁷⁸

Como já foi abordado anteriormente, no universo digital para criar e usufruir de um mundo idealizado, é necessário seguir as regras e os limites que este estabelece (não só no mundo digital, mas também no mundo real), fundindo várias áreas de conhecimento. Desenvolvendo estes princípios é possível idealizar um número infinito de ambientes, dando a oportunidade de múltiplas vivências.

Para o arquitecto, o mundo digital têm sido um instrumento de grande revolução e impacto pois permite criar, recriar e manipular o espaço e a matéria dependendo da sua concepção. Segundo Rashid *“As tecnologias digitais estão hoje a ter profundos efeitos em muitos e diversos aspectos da nossa percepção contemporânea, do genoma humano ao mapa do cosmos. (...) Enquanto arquitetos estamos a responder por uma série de meios, ao conceber princípios geométricos inteiramente novos, novas metodologias e abordagens inteiramente novas à representação para lá da geometria perséptica.”*⁷⁹

O surgimento de programas computacionais tanto se impôs para uma produção fiel e aproximada de imagens existentes, como para o uso na manipulação de espaços, passíveis de serem imaginados e que permitem visitar, caminhar e experimentar espaços, materiais e formas que não obedecem aos princípios do mundo real.

A execução de desenhos técnicos tais como plantas, cortes, alçados ou axonometrias alia-se ao mundo tecnológico e digital, reflectindo-se em imagens, fotos e vídeos.

O objectivo principal para o arquitecto se apoiar em mecanismos tecnológicos digitais, passa pela comunicação de uma maneira mais clara das ideias expostas ao público, pelo controlo da forma, da estrutura e do material. O arquitecto encontra também neste mundo a oportunidade de aproximação aos espaços criados, na tentativa de persuadir o observador da possibilidade desse lugar.

⁷⁸ THEODORE, David – The limits of Digital Architecture: Interpretation versus Data. p.293

⁷⁹ RASHID, Hani - Arquitectura Virtual: Espaço Real.

Paradoxalmente, o recurso a estes meios, torna a ligação entre criador e objecto mais distante, pois enquanto num desenho ou modelo é possível, por exemplo, sentir a textura dos materiais, na tecnologia existe apenas uma ligação visual.⁸⁰

Tanto os jogos virtuais como o cinema trouxeram então novos sistemas de representação de imagens, estas que também se podem apresentar como um tipo de distorção da realidade.

Existe a intenção de chamar a atenção do observador pelo estímulo cognitivo presente no meio virtual. O observador é iludido por experiências que jogam com as leis da física, e pela constante alteração de espaços. São os estímulos cognitivos que vão fixar, ou não, o observador a esse mundo.

A possibilidade de edição e manipulação da imagem permite-nos a observação em tempo real de todos os movimentos espaciais e alterações de princípios estéticos que pretendemos conceder ao objecto.

No entanto, os jogos virtuais diferenciam-se do cinema, pois nos jogos o observador torna-se uma das suas personagens, quase sempre principal. O jogador assume uma posição activa e pragmática e vai existir nele um misto de especulação e exploração do espaço. Este é cativado pelo descobrimento consciente da representação de um mundo novo virtual e pelo cumprimento dos objectivos inerentes.

Existe uma procura do físico no virtual, não é algo que pretenda substituir a real emoção, mas algo que transporta sentimentos para esse mundo virtual. É, no fundo, uma conexão do corpo humano com o espaço imaterial não pela ilusão, mas pela percepção, o jogador assume-se como parte daquele meio (jogo virtual).

A imagem observada num jogo virtual vai ser sempre algo que não passa do virtual, mas a verdade é que não existe jogo onde não haja arquitectura, por muito distorcida que esteja. Existe no autor do jogo a necessidade de trabalhar um cenário, relacionando a arquitectura e os personagens a uma história.

O mundo virtual, quando perfeitamente dominado torna-se intuitivo e permite a concretização das tarefas sem que seja preciso qualquer capacidade extra, pois essas são apenas cognitivas. Neste sentido, o computador ganha liberdade, pré-determinada pelo artista, para criar (dentro de regras e limites de ambos) representações da arquitectura e do mundo real, ou irreal. A representação digital retrata um mundo em constante mudança, num desafio à lógica humana.

⁸⁰ PALLASMAA, Juhani. - *The Thinking Hand: Existential and Embodied Wisdom in Architecture*. p.86

4.1 MONUMENT VALLEY

Como caso de referência de jogo virtual com conceito de ilusão óptica retratamos o jogo Monument Valley, não só pelo excelente recurso à ilusão de óptica em projecção axonométrica, mas também pelas referências que este jogo faz às obras de Escher e a outras famosas estruturas arquitectónicas, que posteriormente são alteradas digitalmente.

Pretende-se com este Trabalho Final de Mestrado compreender as regras axonométricas com que se constroem as ilusões de óptica e como estas funcionam tridimensionalmente, de maneira a conseguirem ser moldadas à imagem ou à ilusão desejada. O jogo Monument Valley apareceu como um exemplo distinto de manipulação da arquitectura axonométrica que será seguidamente estudado, como modo adicional de compreender as regras num ambiente de um jogo.

Do estúdio independente Ustwo Games, nasceu a aplicação de ambiente surrealista Monument Valley. Esta aplicação dedica-se especialmente a distorções perspécticas, desafiando o usuário a manipular a arquitectura de modo a conseguir com que a personagem chegue ao seu destino manobrando os obstáculos.

Este jogo apresenta estruturas impossíveis que nascem da alteração de uma multitude de perspectivas e onde os objectos se moldam de maneira a conseguirem alterar a percepção humana. Este é constituído por diversas formas e cabe ao jogador controlar uma personagem, para que esta chegue a pontos específicos, e daí este contemple pelo girar dos objectos ou até mesmos pelo aparecimento de novos elementos. A cada movimento percebe-se que a percepção está a ser alterada.

Visivelmente esta aplicação baseou-se em regras (muitas das quais já foram abordadas anteriormente) para conseguir criar os percursos com espaços de transição significativos, onde é notório o recurso à gramática paradoxal. Através do controlo digital é possível transformar a arquitectura de forma interactiva e emotiva explorando conceitos arquitectónicos tais como espaço, luz e sombra, movimento e proporção.

Inspirado, em parte, em obras de Escher e em construções arquitectónicas já existentes, este jogo que aparenta apresentar formas e cores simples e directas, tem um conceito axonométrico complexo marcado pela irrealidade, na medida em que as transformações presentes no jogo não são possíveis no nosso mundo físico.

Numa entrevista de Ken Wong, designer e artista do studio Ustwo, à Designer Fund este mostra uma colectânea de oito imagens de vários países que designa como inspiradores para a criação deste jogo, sendo eles: Espanha, Rússia, Marrocos, Paquistão, Índia, Irão, Afeganistão e Uzbequistão, que são

retratados respectivamente na figura 56.⁸¹ No anexo B é possível verificar vários estudos que foram executados para a execução deste jogo.



Figura 56 - Países referência para a criação de Monument Valley

Apresentamos em seguida alguns exemplos que comparam esta aplicação a arquiteturas específicas já existentes.

Podemos então começar com o exemplo dos apartamentos pós-modernos La Muralla Roja, localizados em Calpe, que foram projectados pelo arquitecto Ricardo Bofill. As cores intensas destes apartamentos, que se dividem entre tons de cor de laranja, de cor de rosa e azul, que se dividem entre fachadas, escadas e que vão contrastando entre elas e também com a envolvente, levam-nos para um mundo de fantasia.

Na comparação das imagens dos apartamentos na figura 57 com algumas das partes do jogo Monument Valley, representadas na figura 58, conseguimos notar similaridade, não só pela utilização das cores, mas também pela quantidade excessiva de escadas, ou até mesmo pela proximidade do edifício ao mar.

Falando do uso excessivo de escadas, podemos também referenciar o Poço Chand Baori, na Índia, figura 59. Este apresenta parecenças não apenas pela quantidade exorbitante de escadas, mas também pela presença de arcadas (que são tipicamente usadas nos templos indianos), figura 60. Ao observarmos uma imagem do Poço Chand Baori, poderíamos imediatamente ser remetidos para um possível nível do jogo em questão. Ainda na Índia, podemos afirmar ainda que as próprias cúpulas e arcos do Templo Taj Mahal

⁸¹ <https://www.youtube.com/watch?v=z-dqzxYAyEO>

podem também ter servido de inspiração para os autores deste jogo, figura 57. Podemos ainda associar este jogo às cúpulas das mesquitas muçulmanas.

Numa das partes do jogo de Monument Valley, podemos também relacionar os elementos arquitectónicos ao Memorial do Holocausto, em Berlim. O ambiente escuro, cheio de dramatismo, e os retângulos representados a cinzento podem muito bem levar a memória do espectador ao Memorial do Holocausto, tal como podemos ver na figura 62.

Na arte da escultura podemos ainda associar o jogo Monument Valley tanto à ambiguidade da escultura do arquitecto Philip Johnson, Monument to Lincoln Kirstein, que se pode definir pela existência de umas escadas que não vão dar a qualquer lugar figura 63 à esquerda, como à também confusa escultura dedicada a José de Azevedo Perdigão, figura 60 3 direita. Ambas se destacam pela solidão no espaço, estas encontram-se apenas rodeadas por um espaço natural parecendo que não querem ser perturbadas. Da mesma maneira, o jogo Monument Valley, apresenta elementos arquitectónicos que se apresentam projectados no infinito, na solidão.



Figura 57 – La Muralla Roja, Ricardo Bofill, 1968

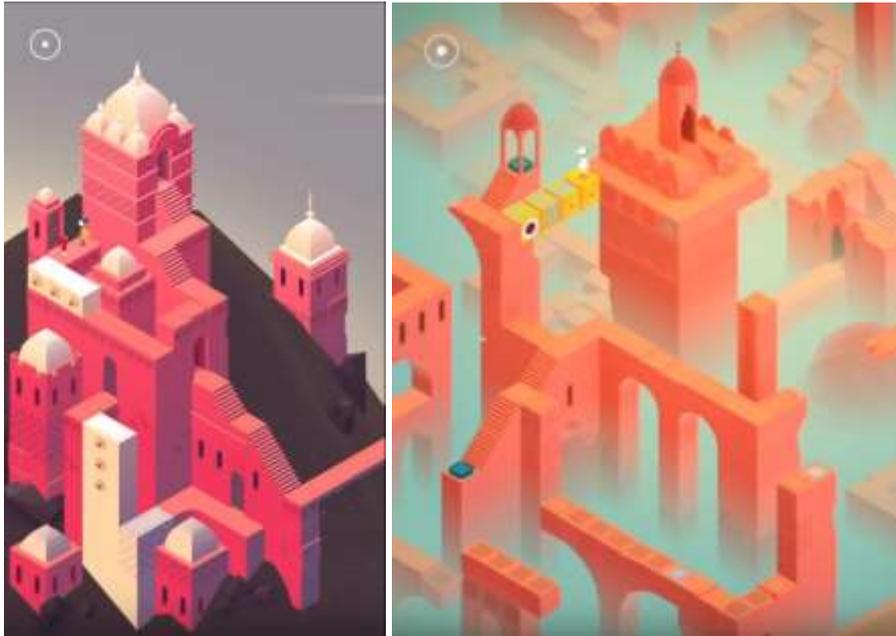


Figura 58 – Imagens representativas de cenários do jogo Monument Valley



Figura 59 - Poço Chand Baori, Índia



Figura 60- Taj Mahal, Índia



Figura 61 - Imagens representativas de cenários do jogo Monument Valley

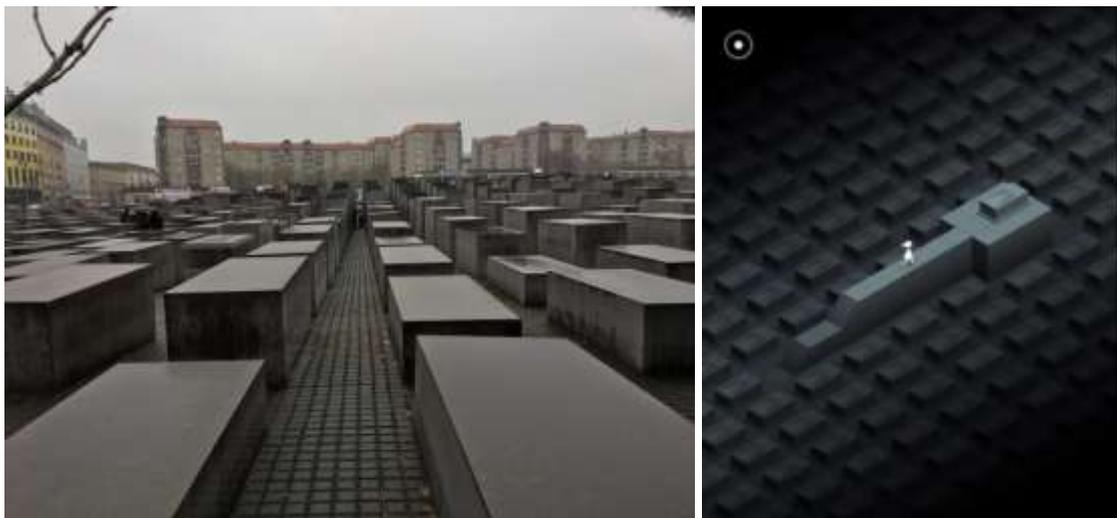


Figura 62 – À esquerda: Memorial do Holocausto, Berlim ; À direita: Imagem representativa de um cenário do jogo Monument Valley



Figura 63- À esquerda: Monument to Lincoln Kirstein, Philip Johnson; À direita: Monumento dedicado a José Azevedo Perdigão, Pedro Cabrita Reis

As similaridades deste jogo com as composições do artista Maurits Escher vão também acontecendo ao longo de vários episódios. Nas imagens da figura 64 vemos uma associação à obra “A Cascata”. Essa associação acontece não só pela alusão à cascata, mas também pela utilização da regra de do Triângulo de Penrose, um recurso que Escher também utiliza nas suas obras.

Os episódios representados na figura 65 também nos remetem às obras de Escher. Na imagem da figura 65 que se localiza em cima, esta ligação acontece na relação dos espaços abobadados compostos por pilares. Estas estruturas podem ser semelhantemente observadas na obra “*Côncavo e Convexo*” de Escher.

Ainda sobre a obra “*Côncavo e Convexo*”, e também na figura 65 as imagens localizadas em baixo, levam-nos para esse mundo ambíguo onde a qualquer momento do jogo a percepção espacial se torna diferente. Nessas imagens, é possível reparar que a personagem, que se encontra rodeada por um círculo preto, tanto se encontra a explorar o espaço numa posição vertical de cabeça para cima e pernas para baixo, comumente considerado como correcto, tanto como na imagem da direita se encontra numa posição verticalmente oposta de pés para cima e cabeça para baixo.

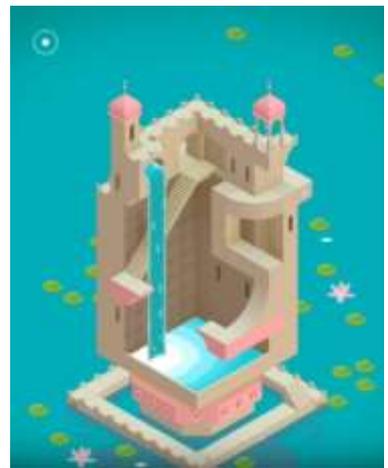


Figura 64- Imagens representativas de cenários do jogo Monument Valley



Figura 65 - Imagens representativas de cenários do jogo Monument Valley



Figura 66 - Imagens representativas de cenários do jogo Monument Valley

Questionando-nos se esta gramática faz sentido, em relação ao espaço, e analisando a imagem, consideramos que sim, pois, mais uma vez, tem a ver com a percepção que temos do espaço. Este tanto fará sentido com a personagem numa posição ou noutra, depende de como captamos a imagem, e por vezes ao que esta nos quer transmitir, algo que também acontece em *“Côncavo e Convexo”*.

Referente ainda a Escher, e falando na obra *“Relatividade”*, onde verificámos que as personagens se movimentam por qualquer plano, X, Y ou Z, em comparação ao jogo Monument Valley, reparamos que o mesmo acontece.

Esta manipulação do espaço dá-se com a rotação dos objectos, e a partir da posição para onde serão rodados os elementos estruturais, a personagem consegue aceder a diferentes planos, tal como é possível observar na figura 66. A personagem que se encontra sinalizada por um círculo preto, vai andando de plano em plano para assim conseguir atingir o seu objectivo.

Assim, e segundo o exemplo anteriormente dado, entramos também na análise das regras nas quais este jogo se baseou. Analisando atentamente o exemplo anterior, reparamos que este jogo utilizou uma das regras das quais analisámos no capítulo anterior, a regra da movimentação no espaço arquitectónico. Esta regra da manipulação arquitectónica que desafia a gravidade, baseia-se no movimento da personagem pelos planos axonométricos X, Y e Z, não só acontece no exemplo da figura 66, mas em mais fases do jogo.

A respeito das regras referentes a objectos específicos verificámos que neste jogo os autores usufruíram tanto do Triângulo de Penrose, como do Cubo de Necker.

Falando no Triângulo de Penrose, e se repararmos na segunda imagem da figura 67, é totalmente notória a existência deste Triângulo. Pode ainda afirmar-se que esta figura foi uma das quais o studio Ustwo mais recorreu para praticar a impossibilidade arquitectónica. É notória a quantidade de vezes que esta foi aplicada, e para comprovar mostramos dois exemplos aplicados em situações diferentes, e sua respectiva movimentação, representados nas figuras 67 e 68.

A simples rotação de elementos arquitectónicos fez com que a utilização desta regra fosse uma das mais procuradas para resolver os enigmas do jogo. Através do Triângulo de Penrose, lugares totalmente inacessíveis tornam-se na solução disponível para dar continuidade ao jogo.

O Cubo de Necker, que também foi utilizado nas obras de Escher, embora não apareça com tanta regularidade, surge também no jogo Monument Valley. Este foi também utilizado de maneira a conseguir dar novas oportunidades de caminho à personagem, e com isso conseguir baralhar a percepção do usuário. A figura 69 é exemplo da utilização do Cubo de Necker.

A alteração do formato das peças dá-se pelas movimentações que vão existindo no espaço e também pelo aparecimento de novas formas. A utilização dos efeitos de luz e sombra permite também dominar das peças de maneira a que estas consigam baralhar a percepção do observador.

As rotações tornam este jogo peculiar, por vezes acontecem rotações de 180º sobre todo o espaço, e como o jogo que estamos a analisar é apresentado em axonometria, essas rotações presenciam-nos com um

mundo completamente diferente. Ainda no recurso à rotação, este *studio* investiu também nas conjugações entre a rotação horizontal e vertical, onde o movimento de uma vai gerar a rotação da outra.

Nestes puzzles arquitectónicos, que se encontram a navegar num cenário infinito, existem movimentações de objectos no espaço, previamente determinados, que se transformam consoante o ponto de vista do observador. Podemos classificar este jogo pela exploração, criação e desconstrução.

O resultado é uma aplicação rica em conteúdo narrativo, pois existe uma história por de trás do jogo. A ligação da música relaxante com os ambientes infinitos, mais as cores de contrastes chamativos, causam um impacto contemplativo no utilizador de maneira a que este não olha apenas para a questão de “como resolver o jogo?”, mas para a estética de todo este mundo calmo e impossível, algo que por si só já é paradoxal.

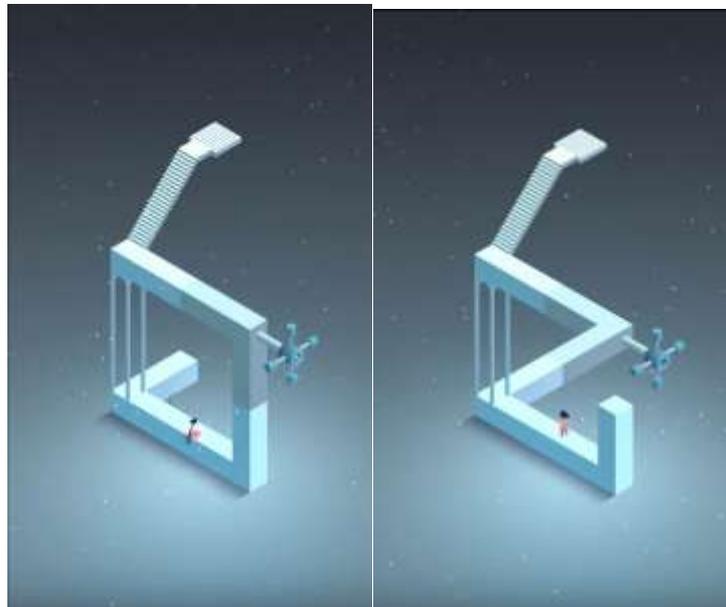


Figura 67 - Representação da transformação do espaço com recurso à regra do Triângulo de Penrose

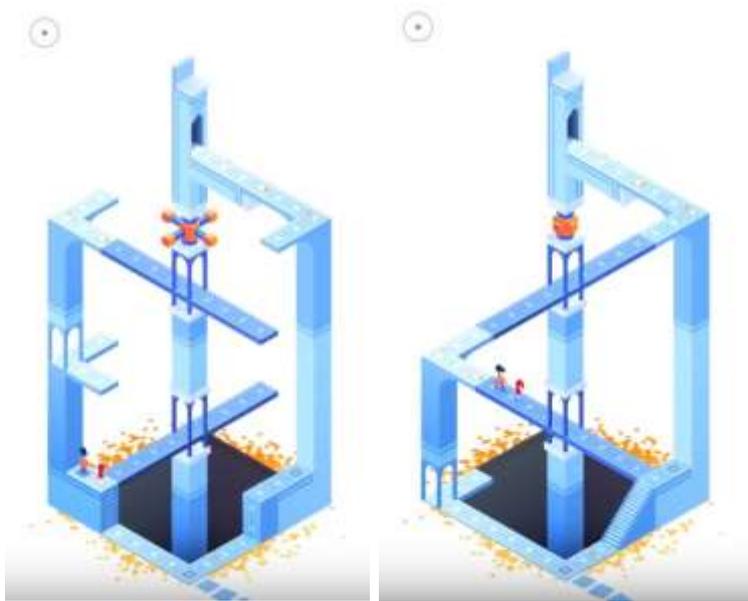


Figura 68 - Representação da transformação do espaço com recurso à regra do Triângulo de Penrose



Figura 69 - Utilização da regra Cubo de Necker no jogo Monument Valley

5. INTERVENÇÃO PRÁTICA

Neste capítulo iremos dissertar sobre os temas mais práticos deste trabalho, começando por abordar Peter Eisenman, dado a sua aptidão pelas transformações dos elementos arquitectónicos no mundo virtual. De modo a desenvolver o nosso protótipo abordamos também a House II e a House VI onde Eisenman utiliza algumas regras para transformação dos elementos arquitectónicos.

Após abordagem ao arquitecto, faremos uma aproximação entre Peter Eisenman, Maurits Escher e o jogo Monument Valley, com o objectivo de perceber qual a ligação entre os três. Esta aproximação tem o propósito de estabelecer ligações para assim conseguirmos criar o protótipo final.

5.1 A ARQUITECTURA DE PETER EISENMAN

“Architecture, for Eisenman, is in essence the joining of form to intent, function, structure, and techniques in the sense of primacy in the hierarchy of elements.”⁸²

O estudo do arquitecto Peter Eisenman no corrente trabalho final de mestrado recorre do facto das suas obras não se basearem apenas em representar e recriar arquitectura, mas também pela especial vontade que este mostra pela movimentação e transformação dos elementos arquitectónicos que representa. Neste capítulo pretende-se compreender a maneira como Eisenman gere a arquitectura e, sequencialmente, de que maneira a transforma.

O foco deste arquitecto na relação entre forma, função e estrutura e a importância pelo estudo da representação em perspectiva axonométrica trouxe também especial curiosidade para o seu estudo, *“Sem dúvida, que o meu trabalho passou por uma evolução do alcance limitado das experiencias formais que formam a base da minha primeira casa.”⁸³*,

Com grande parte dos seus projectos apoiados numa *“tradição clássica europeia desde o renascimento italiano até ao presente”⁸⁴*, Eisenman considerou *“o movimento moderno, como um processo “parado” ou estagnado que terá sido adiado”⁸⁵*, o que fez com que desenvolvesse interesse pela manipulação deste

⁸² GRAAFLAND, Arie - Peter Eisenman: The formal basis of modern architecture. p.93.

⁸³ COHN, David – Entrevista In El Croquis p.9

⁸⁴ BRILLEMBOURG, Carlos - Peter Eisenman. Bomb, p.66

⁸⁵ HAYS, Michael – Architecture Theory since 1968 p.117

movimento, desenhando *"uma justificativa para a sua própria abordagem para a arquitectura"*⁸⁶, manobrando a formalidade da vanguarda da modernidade.

Peter Eisenman, tem também a distinta particularidade de estabelecer uma grande relação entre as suas obras e os estudos escritos que executa sobre as mesmas, criando uma distância entre os seus desenhos e a obra arquitectónica propriamente falada.⁸⁷ Grande parte advém de conceitos filosóficos influenciados por Jaques Derrida e Gilles Deleuze⁸⁸.

Neste sentido, a arquitectura de Eisenman existe em simultâneo com habilidade que tem para a escrita. Através das descrições das obras é possível acompanhar os seus projectos de maneira a ter uma percepção mais clara do objectivo do arquitecto no projecto.

No entanto, e devido à complexidade geométrica que os projectos tomam, Eisenman não se ficou apenas pelas descrições por escrito, mas recorreu também ao estudo através de modelos axonométricos para facilitar a compreensão dos seus complexos projectos.

Na análise das perspectivas axonométricas de Peter Eisenman conseguimos captar informações onde numa primeira observação, e analisando apenas desenhos técnicos ou imagens do espaço construído, não somos capazes de absorver a informação que por outro lado nos é capacitada nas transformações axonométricas.

A complexidade da volumetria e a confusa estrutura das obras torna-se de melhor compreensão através das transformações dos elementos arquitectónicos por meio da rotação, distorção, matrizes, grelhas, deslizamentos, espelhamentos, articulações de volumes ou até mesmo pelas simples distorções anafórmicas uni-axiais dos elementos arquitectónicos. Eisenman desenvolve assim uma nova, e mais intuitiva, linguagem arquitectónica que se produz através de um processo de distorção, mas que paradoxalmente se contempla num todo.

Os projectos deste arquitecto dedicam ainda especial atenção às regras. Os elementos arquitectónicos apresentam alterações que surgem de regras transformacionais. Eisenman declara que na transformação dos seus projectos *"Em cada estado desse processo, o objectivo é chegar a um conjunto de formas, que podem ou não estar presentes no design final"*⁸⁹, acrescentando ainda que *"o objectivo do processo é encontrar uma lei, uma regra geral que combine cada um dos movimentos ou estágios parciais numa sequência ininterrupta contínua (...) esta lei do desenvolvimento é formal e deve ser independente de qualquer interpretação funcional"*⁹⁰.

⁸⁶ Ibidem

⁸⁷ GARCIA, Luis; FIALHO, Valeria - Forma e função nas casas de Peter Eisenman. p.8.

⁸⁸ Ibidem

⁸⁹ EISENMAN, Peter, House X, p.10, 14

⁹⁰ EISENMAN, Peter, House X, p.10, 14

Podemos então admitir que as transformações axonométricas que este arquitecto pratica, desvendam o pragmatismo da sua linguagem arquitectónica. Pelo prazer da alteração e movimentação das formas, e assumindo operações de análise, projecção e representação, Eisenman cria um jogo axonométrico que nos transporta para dentro do objecto. Podemos assumir que as transformações que Eisenman pratica são em grande parte baseadas na regra de movimentação de elementos arquitectónicos no espaço, regra que já foi estudada anteriormente.

A House II e a House VI, apresentam-se como objectos de estudo neste trabalho final de mestrado pois nestas casas Eisenman trabalha a transformação dos elementos arquitectónicos através de regras como: a rotação, o duplicar, o esticar, o deslizamento, e inversão, o que pareceu relevante para o desenvolvimento deste trabalho.

Assim, pretende-se compreender a gramática que este arquitecto utiliza através de transformações e movimentações dos elementos arquitectónicos. Seguidamente ambas as casas serão analisadas mais detalhadamente.

5.1.1 HOUSE II



Figura 70 – House II, Peter Eisenman

Sendo Eisenman o arquitecto da forma, do significado e das transformações dos objectos, não existe melhor maneira de falar dos projectos deste arquitecto que não seja apresentar o significado e carácter que este dá aos objectos que cria. A House II é um dos projectos onde Eisenman transmite essa gramática da transformação.

Influenciada “pela escrita de Rosalind Krauss sobre a arte contemporânea da época e a ideia de escultura no campo expandido e o trabalho dos escultores minimalistas Robert Morris e Sol LeWitt.”⁹¹, esta casa foi construída em Hardwick, Vermont para o casal Florence e Richard Falk, entre os anos de 1969 e 1970⁹², figura 70.

A forma complexa desta casa é o espelho dos estudos teóricos de Eisenman, esta que foi organizada segundo métodos bastante racionais.

Como já falado anteriormente, o desenho axonométrico trouxe uma facilidade de percepção e cognição da arquitectura, no caso da manipulação axonométrica praticada na House II, as transformações transmitem a desmembração de todos os processos a que Eisenman submeteu esta casa. Quando todas as partes do projecto são divididas, conseguimos analisar a (in)formalidade da casa, pela demonstração das formações e transformações do objecto. Na figura 71 é possível observar várias fases de divisão do objecto arquitectónico.

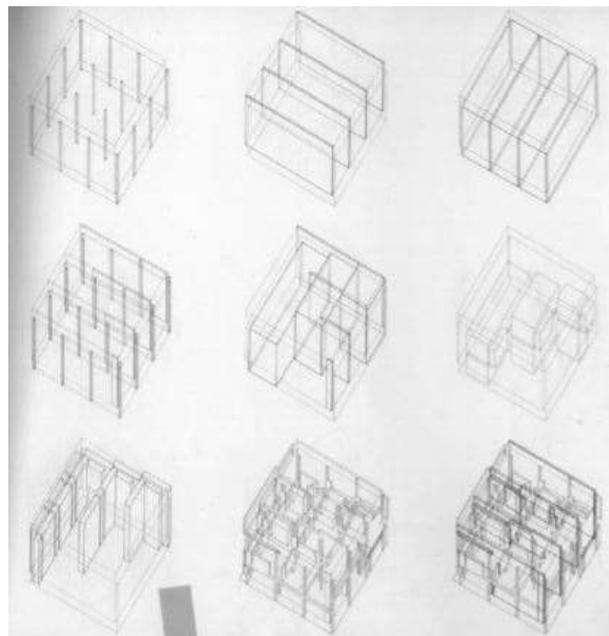


Figura 71 Transformações de Peter Eisenman na House II

⁹¹ BRILLEMBOURG, Carlos –Peter Eisenman.

⁹² EISENMAN, Peter - Houses of Cards.

O arquitecto inicia então a transformação do protótipo com um simples cubo, que define o volume e a forma geral do edifício. É com a origem do cubo que Eisenman cria uma matriz com a intenção de criar regras e de que estas o auxiliem na organização de diferentes espaços arquitectónicos. A matriz é a chave para o desenvolvimento deste projecto e de todas as ideias e transformações. É a partir desta que esta casa se torna possível.

Após aparecimento do cubo surgem 4 planos que vão rodar do eixo x para o y, mostrando a ideia de que vão ser criadas paredes paralelas ambos os planos (x e y).

A utilização da matriz é notória pois esta é estabelecida por pilares, tal como podemos observar na figura 72, onde notamos que formam uma grelha e que criam a percepção da existência de um espaço *originalmente "dividido em nove praças. Estes quadrados são marcados por uma matriz de 16 colunas quadradas"*⁹³, como podemos observar na figura 73. Assim, o arquitecto refere que cria um *"quadro de referências para toda a percepção"*⁹⁴.

Eisenman defendeu ainda que *"enquanto a grade de nove quadrados pode ser vista como uma estrutura subjacente, a oposição axial de planos e volumes pode ser vista para criar uma transformação dessa estrutura."*⁹⁵.

A figura 74 que representa a planta final da House II e mostra a verde a disposição dos pilares.

Sequencialmente ao primeiro cubo surge uma sobreposição com um outro cubo com as mesmas dimensões, como é possível observar na figura 75, que mostra o primeiro cubo a aparecer, à esquerda, e à direita a sobreposição.

Esta sobreposição nasce na necessidade do artista de criar estruturas diferentes, definidas por estes limites. Podemos assumir o cubo inicial como a matriz principal, e o cubo que aparece seguidamente como a matriz secundária. Assim, tal como Eisenman afirmou, *"A localização particular de colunas, paredes e volumes produzidos pelo deslocamento diagonal cria duas referências de dados."*⁹⁶, ou seja, a matriz principal definir-se-á pelos pilares e vigas, e a secundária pelos elementos planares, como as paredes.

⁹³ EISENMAN, Peter - Feints, p.82

⁹⁴ EISENMAN, Peter - The Formal Basis of Modern p.63.

⁹⁵ EISENMAN, Peter - Feints, P.82

⁹⁶ EISENMAN, Peter - Cardboard Architecture: House II p.26-27

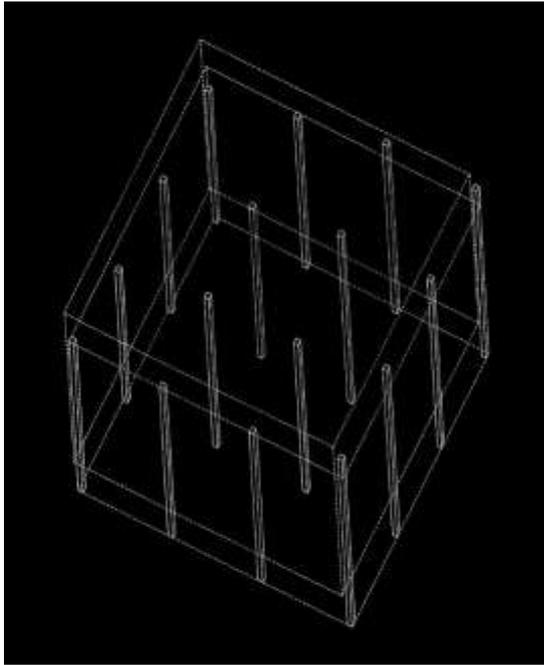


Figura 72 - House II, pilares em axonometria

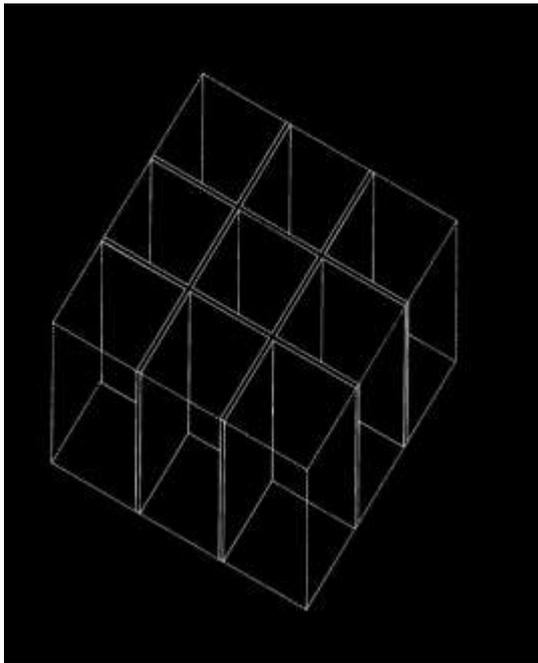


Figura 73 - House II- Divisão pela matriz

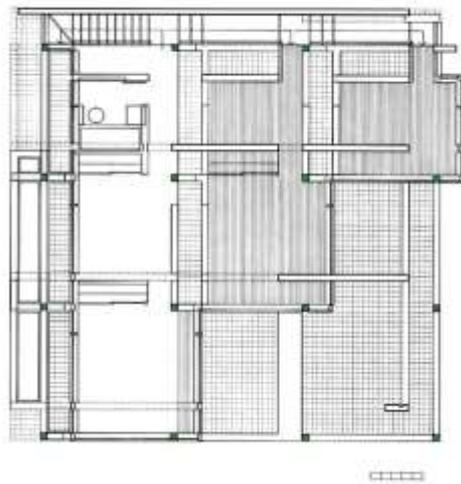


Figura 74 - House II, plantas

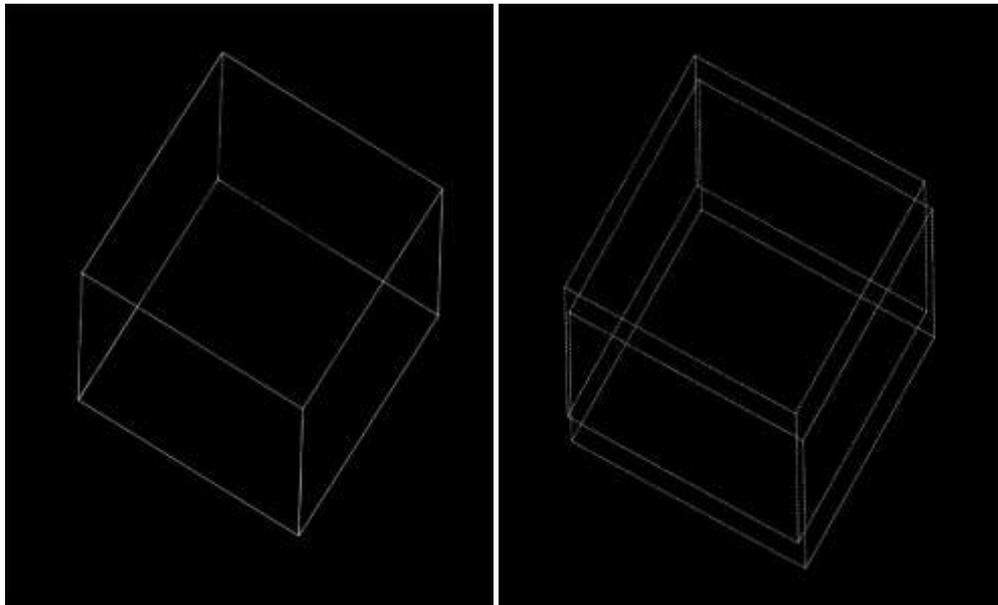


Figura 75 - House II, sobreposição dos cubos

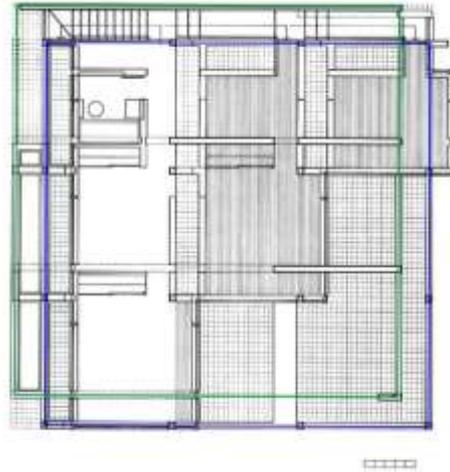


Figura 76 - House II, definição das matrizes em planta

Segundo a figura 76, podemos fazer uma análise das matrizes aplicadas já com a planta da obra concluída. Podemos observar que as matrizes foram conseguidas, e que definem elementos diferentes. A linha a azul define a estrutura dos pilares, e a linha verde define os elementos planares.

O aparecimento de planos, verticais e horizontais, leva o nosso consciente a assumir paredes interiores ou exteriores no caso dos planos verticais, e pavimentos ou coberturas no caso dos planos horizontais, as junções de todos os planos formam o objecto. Estes planos são também utilizados como ferramentas para transformação e conseqüente manipulação do espaço.

Ulteriormente ao aparecimento dos elementos planares surgem as ideias volumétricas, estas que aparecem na matriz principal e na sequência da formação dos planos. Estes planos movem-se por rotações e o arquitecto começa então por criar 3 volumes simétricos. Segundo a figura 77, Eisenman apresenta os 4 planos que vão formar os 3 volumes.

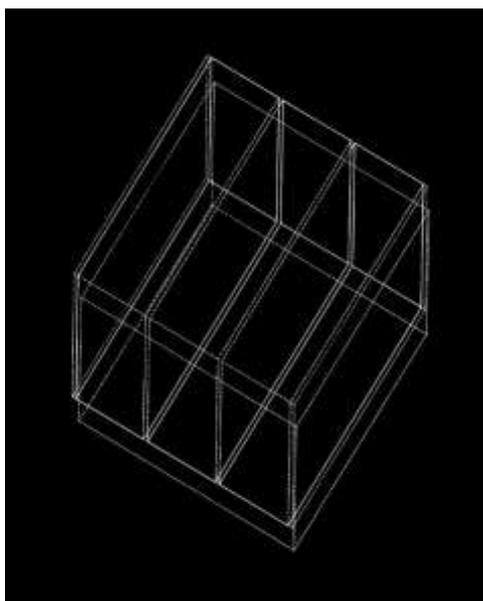


Figura 77 - House II, definição de 4 planos

Após obter os 3 volumes, Eisenman transforma o objecto ao encolher os 2 primeiros volumes. Estes 2 volumes são, no entanto, reduzidos por medidas diferentes com o objectivo de aparecerem também espaços distintos. Mas se por um lado Eisenman os encolhe segundo o plano XY, ver figura 78 zona verde, também a estica segundo na direcção da coordenada Z, ver figura 78 zona azul. É neste jogo de estica/encolhe que o arquitecto cria os três primeiros volumes diferentes e também os primeiros espaços diferentes distinguidos como exterior e interior.

Podemos considerar que estes 3 volumes definem os espaços na casa, sendo que o espaço que foi retirado destes volumes assume a posição de espaço exterior. Podemos observar na figura 78 a representação dos volumes em planta, diferenciados pelo degrade a verde.

Passando para a matriz secundária e aos elementos subjacentes à mesma, é aqui que o arquitecto começa a transformação das paredes. Observando a figura 79 à esquerda, vemos apenas 4 planos, mas através da transformação dos elementos pelo encolhimento, criam-se 4 paredes com medidas distintas e também divisões de 3 volumes, também eles já distintos, *“repetem e diminuem de comprimento à medida que se movem ao longo da diagonal a partir da parede a norte”*⁹⁷. A figura 79 mostra a junção das transformações das paredes em Y e dos volumes em X.

É possível observarmos na planta da obra já concluída as referidas paredes, a figura 80 é exemplo disso.

⁹⁷ EISENMAN Peter - Cardboard Architecture: House II, p.25.

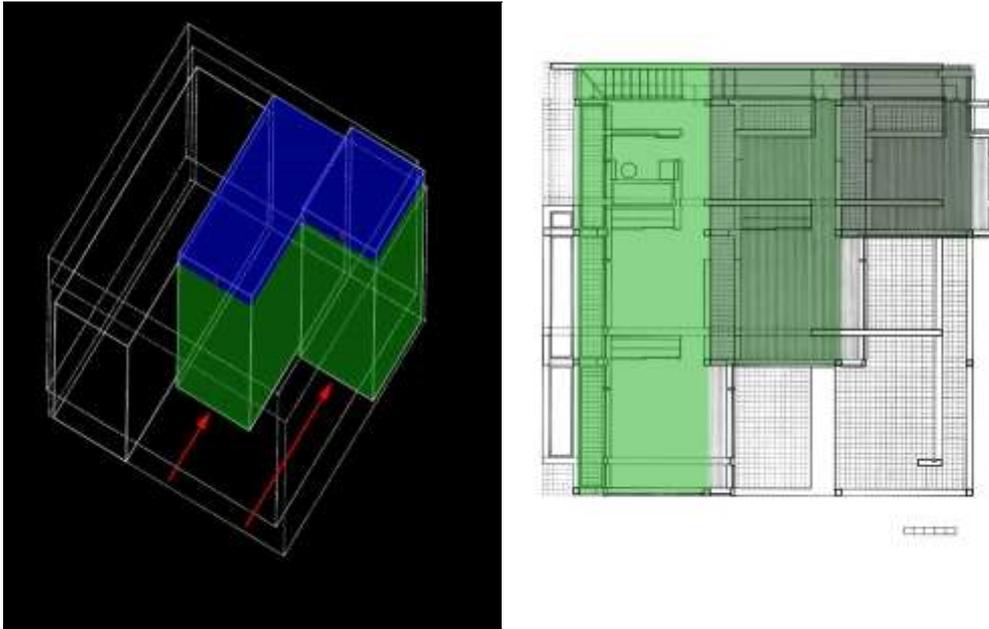


Figura 78 - House II, movimentação de elementos arquitectónicos

A fachada norte, que é onde se localiza a parede mais comprida, não irá sofrer quaisquer alterações na medida. É esta parede que define a localização das escadas, que vão existir no seu seguimento.

O aparecimento destas paredes define também espaços. É também com a ajuda destas e paredes que Eisenman avança para outra transformação. Ampliando os 3 volumes de oeste para leste, e delimitando-os pelas paredes (elementos falados anteriormente), cria-se uma outra distinção de espaços, a ideia passa por ampliar apenas a parte superior do volume. Nessa zona distinguem-se novos espaços que aqui vamos assumir como o piso superior e por sua vez, um piso inferior. Existirá ainda uma ampliação do volume maior também no sentido oposto, de leste para oeste. Na planta da figura 81, e sinalizada a azul, é notória essa transformação.

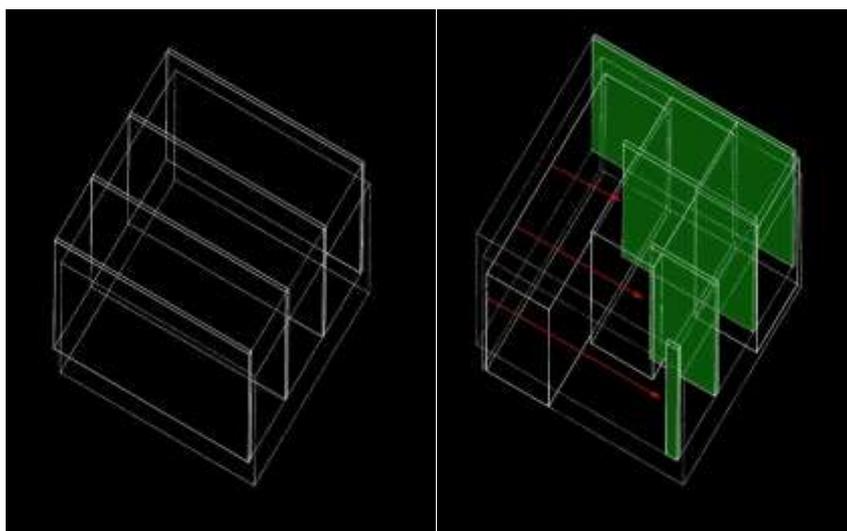


Figura 79 - House II, movimentação das paredes

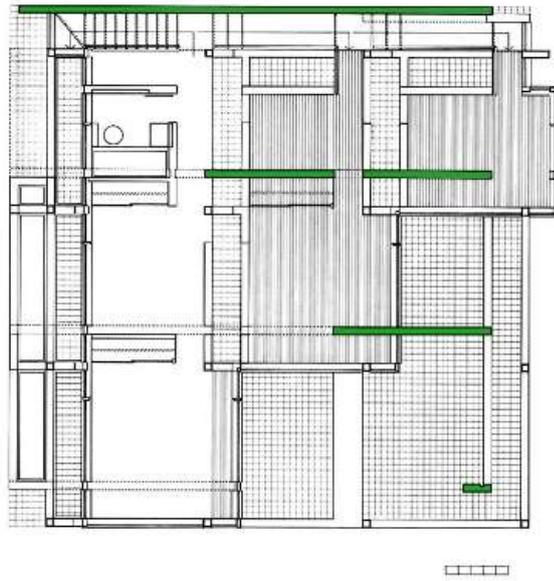


Figura 80 - House II, transformação das paredes em planta

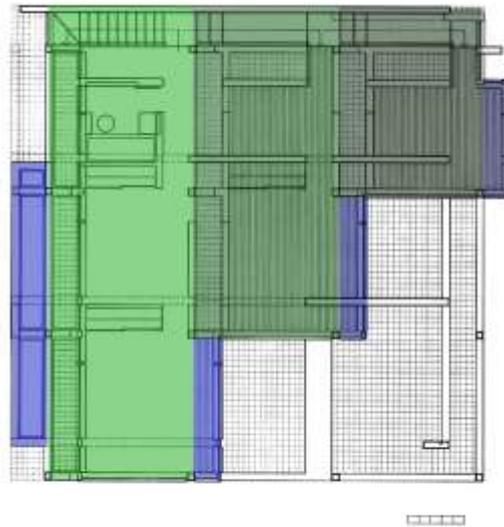


Figura 81 - House II, planta com a transformação dos elementos arquitectónicos

A subtração aparece ainda representada nesta casa simbolizando os espaços vazios. O arquitecto dá ênfase a esta situação concebendo claraboias nos telhados. Na análise dos elementos pintados a verde das imagens da figura 82, percebemos o objectivo de Eisenman. Se na representação axonométrica constatamos as transformações tridimensionais, na representação em planta, verificamos que Eisenman aplica as suas ideias na cobertura.

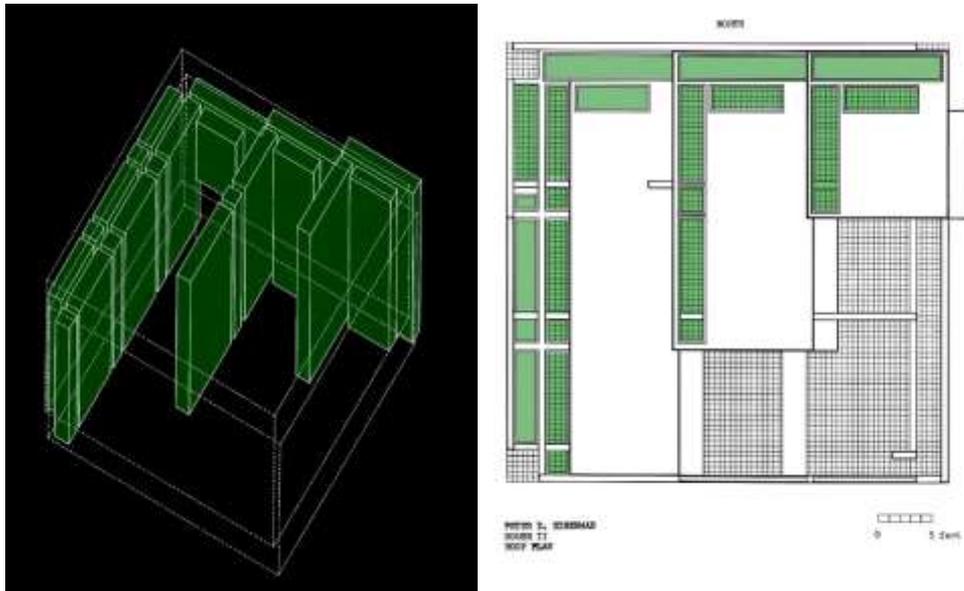


Figura 82 - House II, transformação dos elementos finais

O objecto começa então a ter forma, pois o volume exterior já se encontra definido. Assumimos então estas como as principais transformações que Eisenman executa neste projecto e, com isto, percebemos a ajuda que a transformação axonométrica pode dar à interpretação de um projecto, principalmente se assumir grande complexidade.

No meio de todas estas transformações de extrusões, subtrações, do ampliar e diminuir, Eisenman faz com que tudo se alinhe seguindo com padrões conscientes.

5.1.2 HOUSE VI



Figura 83 - House VI, Peter Eisenman

Na continuidade do tema desconstrutivista, surge também a House VI. Esta casa divide-se também por diagramas onde Eisenman se desloca dos princípios das funções específicas.

Contruída em 1976 em Cornwall, Connecticut, a House VI foi desenhada para a família Frank⁹⁸ que desejavam uma casa para passar férias no meio da natureza, figura 83. Pelo contrário Eisenman projectou uma casa criando *“oposição entre a função e o funcionalismo”*⁹⁹, acrescentando que *“Na sua original encarnação é certamente questionada a ideia de inabitare, ou habitação, como casa. Não há nada na ocupação da casa que seja habitual(...). Mesmo quando existia um quarto, este não tinha uma porta que o fechava para existir privacidade visual. Além disso, havia uma fenda notória no chão do quarto, uma coluna na mesa de jantar, e a casa de banho que parecia ser um armário”*¹⁰⁰.

⁹⁸ HILL, Jonathan - Actions of Architecture: Architects and Creative Users. p.53

⁹⁹ Ibidem

¹⁰⁰ EISENMAN, Peter - Afterword. p.110

Falando da projecção da casa, esta acontece (também) pela intersecção de planos, “*Todos estes elementos, outra vez, estão a mover-se simultaneamente em direcção à máxima interconecção e diferenciação*”¹⁰¹, que vão dar origem à House VI.

Marcada pela descomposição da forma inicial, que é um cubo, esta obra é resultado de uma grande envolvência com a manipulação dos elementos arquitectónicos.

Iniciando o trabalho de (de)composição, a primeira transformação surge com a idealização de uma “grelha” formada por quatro linhas, esta localizada no canto direito do cubo. Estas linhas consequentemente deslizam e formam quatro planos, intersectando-se na mesma posição das linhas anteriores, como podemos observar na figura 84. Consequente a esta movimentação segue-se a extensão dos planos a vermelho, no sentido de do eixo X e do eixo Y, figura 84.



Figura 84 - House VI, intersecção de planos

Após esta transformação, Eisenman dá continuidade à manipulação do objecto, mas desta vez pela inversão dos planos. Tal como observamos na figura 85 a transformação que acontece é que o plano preto e vermelho que se encontra em xz, que vai inverter a sua posição com o plano preto e azul que se encontra simultaneamente paralelo. Ao mesmo tempo, outra transformação acontece, o deslizamento. Se por um lado o plano preto e vermelho em YZ sofre um deslizamento na direcção do eixo Z, o plano preto e vermelho que se encontra em YZ, vai executar um movimento na direcção do eixo X, o que também pode ser observado na mesma figura 85. O plano azul em XZ, sofre também um ligeiro deslizamento na direcção do eixo Z.

Com estas manipulações Eisenman vai-se aproximando o máximo possível das paredes finais. Por sua vez, estas quatro paredes vão fazer parte da estrutura da House VI, tal como podemos ver na planta do primeiro andar na figura 86.

¹⁰¹ EISENMAN, Peter - House X.

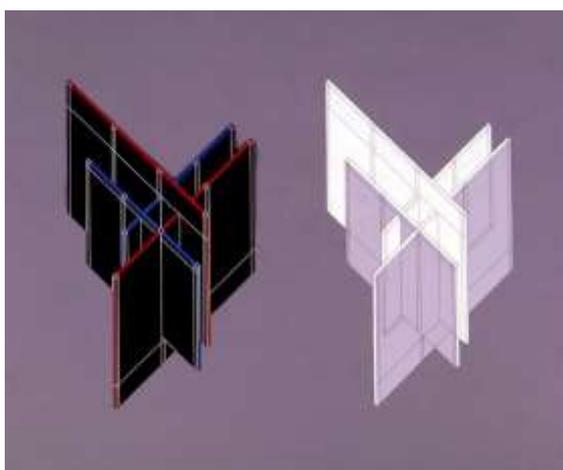


Figura 85 - House VI, transformações

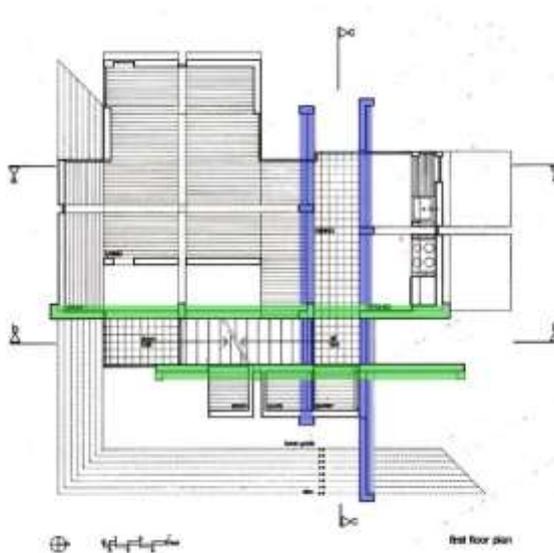


Figura 86 - House VI, planta com transformações

Seguidamente a estas manipulações, o processo acrescenta uma outra transformação, a subtracção, várias partes destes planos vão ser subtraídas, tal como podemos observar nas imagens da figura 87, que foi explodida para melhor compreensão. É no processo de subtracção que se irão conceber os vãos deste habitáculo.

Mas não é apenas a subtracção que acontecerá nesta fase. Como paradoxo acontecerá também a adição de novos elementos. Estes elementos podem ser considerados elementos chave e essenciais, algo que vai tornar esta habitação distinta. Na imagem 86, que aparece explodida novamente para melhor compreensão, observamos os elementos adicionados. Os elementos são similares, a diferença está na colocação dos mesmos, uns aparecem em xz outros em yz.

+

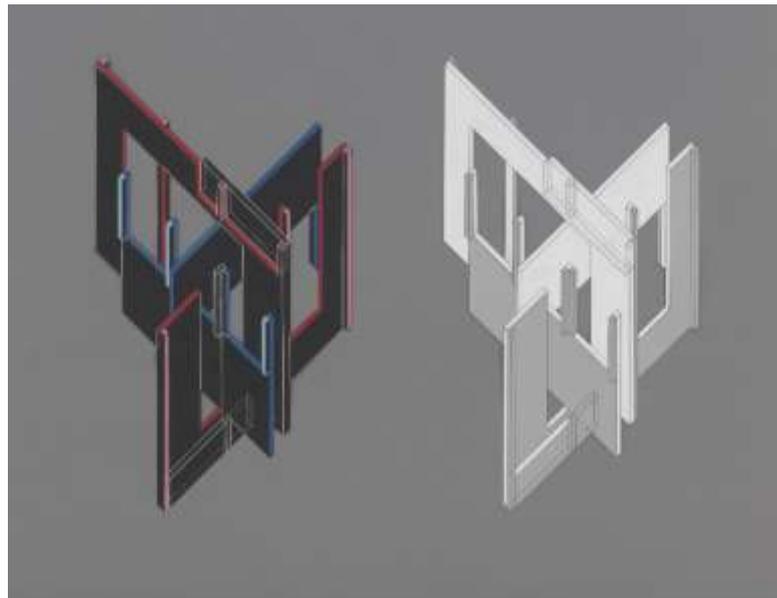
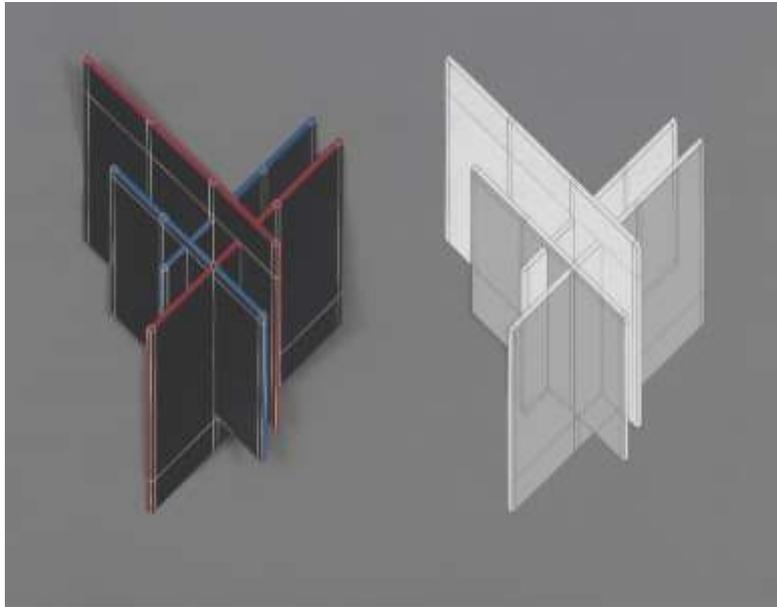


Figura 87 - House VI, subtracção

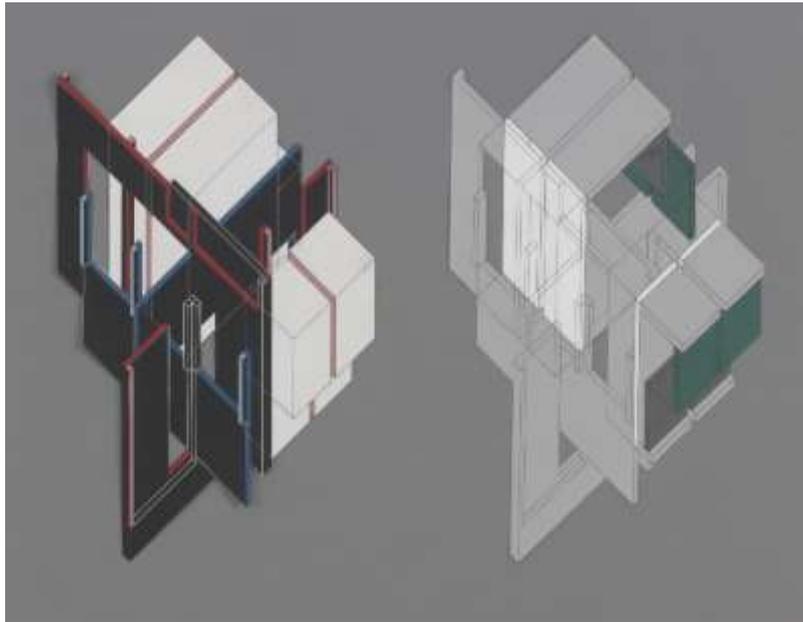


Figura 88 – House VI, Adição de elementos

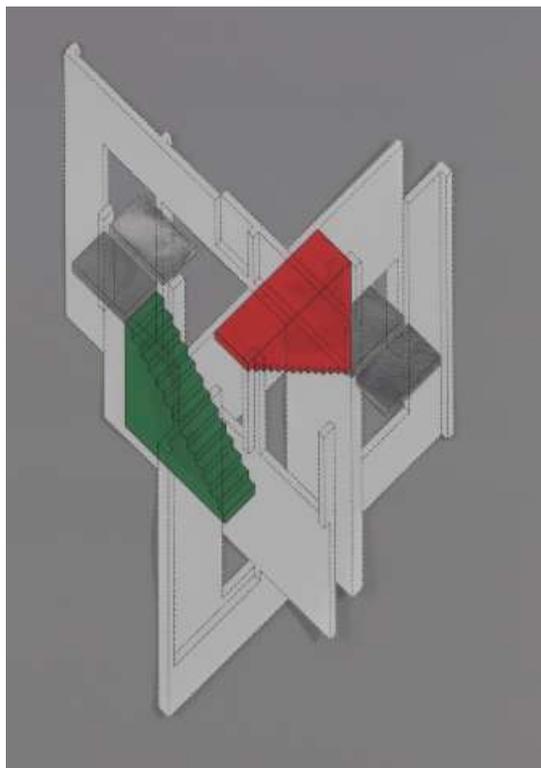


Figura 89 – House VI, adição das escadas

A ambiguidade composicional dos elementos é observável nas escadas. Aqui Eisenman faz uso do mesmo objecto com significados diferentes, se por um lado assumimos as escadas como elemento funcional, escadas verdes, por outro, assumimos apenas como um elemento não convencional.

O arquitecto dá ainda maior ênfase às escadas fazendo uso da cor. Este utiliza cores que se destacam do resto da casa, salientando este elemento, o que vai despertar no utilizador maior atenção e curiosidade,

Neste momento já conseguimos associar os elementos criados e manipulados até então à House VI do arquitecto Eisenman, como podemos observar na imagem 89.

Concluimos então que, tal como na House II analisada anteriormente, Eisenman faz com que o próprio processo axonométrico dê forma ao objecto pretendido. Toda esta transformação axonométrica a que este arquitecto submete o observador faz com que os seus complexos projectos se tornem de fácil e agradável compreensão. O observador, não indiferente a estas transformações, torna-se o explorador das suas obras e manipulações.

5.2 UM ARQUITECTO, UM ARTISTA E UM JOGO

Maurits Escher, 1898, Peter Eisenman, 1932 e Monument Valley, 2013,¹⁰² qual a ligação existente entre estas duas pessoas e este jogo? Após as análises feitas anteriormente conseguimos concluir que existe algo que liga estas pessoas e este jogo, a manipulação do espaço.

Podemos assumir que uma das principais ligações entre eles, e que por consequência foi uma das razões de serem estudados, é o desenho axonométrico. Estes três artistas, baseiam-se em grande parte das suas obras no desenho axonométrico, que é um dos pontos preliminares deste trabalho final de mestrado.

Constatamos que tanto Escher, como Eisenman como o jogo Monument Valley (quando nos referimos ao jogo Monument Valley, referimo-nos à empresa Ustwo), transformam a arquitectura através da manipulação axonométrica, que se manifesta nos desenhos que estes desenvolvem. Ou seja, nem só a axonometria os envolve, mas também a manipulação e transformação do espaço, neste caso manipulação axonométrica da arquitectura.

Percebemos também que as manipulações não aparecem do nada sendo que todos estes artistas tiveram de estudar e seguir regras para que essas transformações fossem possíveis.

Ainda assim, podemos assumir que o estilo de transformações e manipulações executadas podem variar de artista para artista. Caso que podemos confirmar na comparação entre Escher e Eisenman. Se Escher se dedica à manipulação com recurso a regras como: ilusão por luz e sombra, cubo de Necker, tridente

¹⁰² Datas referentes a datas de nascimento

impossível, triângulo de Penrose, e manipulação através de um ponto de vista específico, Eisenman por sua vez dedica-se à manipulação por: rotação, encolher e esticar, subtração, deslizamento e inversão. Assim, o jogo Monument Valley apresenta-se também grande relação com estes artistas pois, este faz uso de grande parte das regras que Eisenman e Escher estudaram. Outra ligação bastante distinta entre Eisenman e Escher é a relação de ambos à isometria. Ambos os artistas dedicam parte das suas obras ao desenho isométrico.

As regras, por sua vez, fazem com que os trabalhos produzidos tenham coerência, é esta fase que vai interferir com a percepção do observador, mantendo-o absorvido pelo fascínio do que vê. O facto da linguagem se basear em regras apoiadas em movimentações que são impossíveis no mundo real, vai despertar a curiosidade do observador, pois é algo novo. Ou seja, na realidade subjacente a este tema todas as transformações observadas não passam de algo impossível no mundo nosso real.

Olhando para a figura 17, '*Concavo e Convexo*' de Escher, para a figura 66 que representa uma parte do jogo Monument Valley, e para a figura 89 que representa um dos espaços da House VI de Eisenman, podemos afirmar que existe um elo de ligação entre os 3 espaços criados. Analisando as imagens, verificamos que em todos os espaços existem escadas que no mundo real são impossíveis de utilizar.

O mais curioso nestas figuras acontece quando estes espaços são desenvolvidos com recursos a processos de execução diferentes, ou seja, enquanto Escher recorreu ao desenho manual, a empresa Ustwo recorreu ao desenho digital, e por sua vez Eisenman recorreu à prática real da arquitectura. A única destas três figuras que existe na realidade é a de Peter Eisenman, e se até agora falamos que as escadas são impossíveis, apesar de estas aparecerem na House VI de Eisenman, que existe na realidade, não deixam de ser impossíveis.

Eisenman apresenta também analogias em relação ao jogo Monument Valley nas suas axonometrias. Devido à regra de movimentação e transformação dos elementos axonométricos no espaço, que acontece em ambos os estudos, podem encontrar-se também semelhanças. Se por um lado Eisenman move os elementos no espaço de maneira a criar as suas casas, neste caso House II e House VI, o jogo Monument Valley faz as mesmas movimentações, mas explorando a interactividade do jogador com o espaço. Este princípio de manipulação espacial, aproximam este Eisenman ao jogo.

Assim, existe uma grande ligação metafórica dos dois artistas, Eisenman e Escher, com o jogo Monument Valley, pois este jogo trabalha grande parte das regras que estes artistas estudam e desenvolvem. O facto de a modelação digital ser de mais intuitiva utilização e com resultados instantâneos, é para o jogo um factor favorável para o jogo, pois a modelação no mundo digital permite transformações não só mais instantâneas, mas aparece também como uma forma mais irreflectida de modelar a arquitectura.

São assim notórias as semelhanças existentes nos projectos destes artistas. Independente dos recursos utilizados ambos conseguem manipular o espaço de maneira racional e recorrendo a regras.

5.3 PROTÓTIPO

Após estudo e compreensão não só da axonometria, mas também das regras a que esta está subjacente, tanto como o estudo de artistas como Maurits Escher, Peter Eisenman e de empresas que procuram fazer a diferença no âmbito da arquitectura como a Ustwo, e com a vontade de conseguir desenvolver algo que também possamos mostrar que conseguimos transformar e manipular, esta fase do projecto final de mestrado passa pelo desenvolvimento do protótipo com base em todos estes estudos feitos.

Este protótipo nasce assim da ligação destes dois artistas e do jogo Monument Valley. Se por um lado aplicamos os estudos obtidos nas obras de Escher, por outro o jogo Monument Valley também se apresentou como um elemento de grande inspiração já Peter Eisenman e as transformações subjacentes nos desenhos isométricos são também um elo de ligação.

O objectivo na criação do protótipo passa por aplicar os estudos desenvolvidos, de forma a mostrar que a manipulação do espaço e da arquitectura está subjacente a regras, e que estas têm de ser aplicadas para que essa transformação seja bem-sucedida. Assim, começamos a desenvolver o nosso protótipo.

O princípio do protótipo passa por 3 elementos fundamentais, a personagem, a arquitectura e o espaço que as envolve. O objectivo principal passa por recorrer às duas casas de Eisenman que foram estudadas anteriormente, House II e House VI, e transformá-las segundo os mecanismos da ilusão.

O objectivo do jogo é movimentar uma personagem, e os elementos arquitectónicos de maneira a que estes transformem e moldem o espaço arquitectónico ao espaço realmente desejado. Assim sendo, o propósito passa por transformar os elementos arquitectónicos de maneira a ter percepção da House II e de que esta se vai transformar passando a ser a House VI. Para além de se conseguir movimentar a personagem e os elementos arquitectónicos, também irão existir certos botões que permitirão a movimentação dos elementos arquitectónicos, algo que também acontece no jogo Monument Valley.

Neste sentido, o protótipo inicia com a personagem, que está representada a vermelho, e um cubo, numa analogia ao início das transformações executado por Eisenman. O jogo desenvolve-se pela aproximação da personagem a um cubo figura 90. À medida que a personagem se vai aproximando, vão aparecendo planos iluminados no referido cubo, transmitindo a ideia de espaços abertos, dando a percepção que algo está a acontecer dentro do cubo, figura 91.

Na aproximação da personagem ao cubo dá-se o primeiro envolvimento do jogador com o jogo. Assim, a primeira movimentação no acontece pela rotação do objecto no espaço, tal como podemos observar na figura 92. Podemos afirmar que a regra de observação a partir de um ponto de vista específico se aplica aqui, pois de outra forma não teríamos acesso ao interior do cubo.

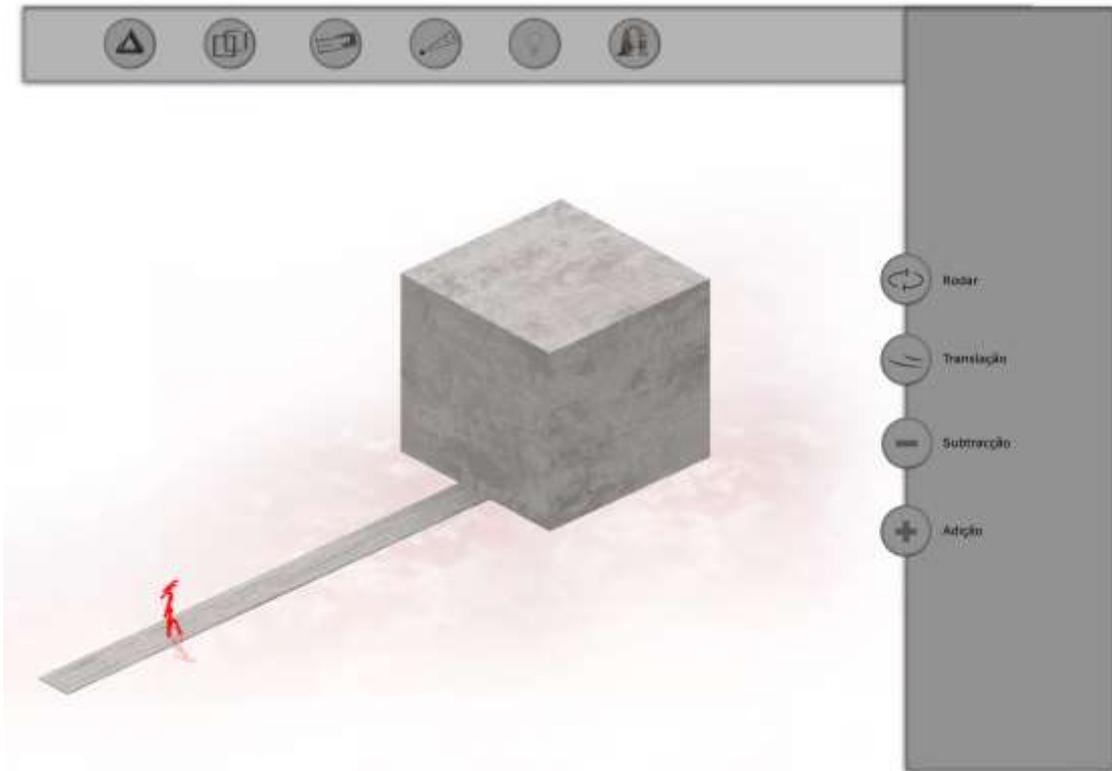


Figura 90 - Plano inicial do protótipo

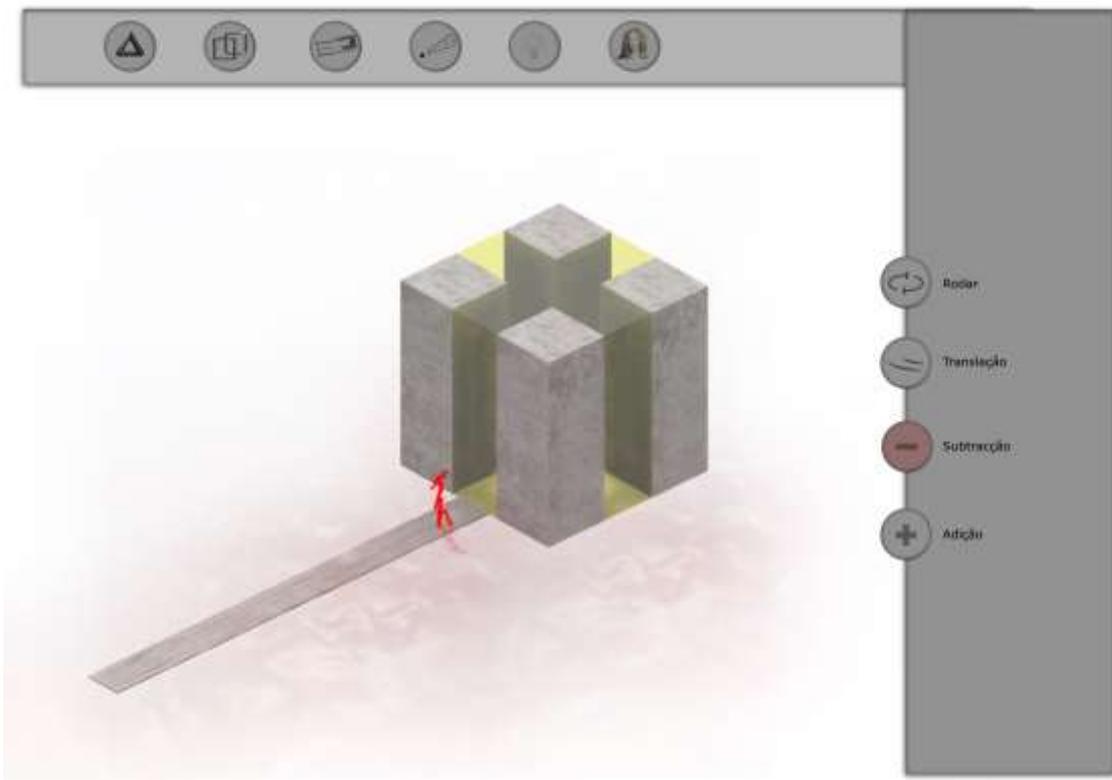


Figura 91 - Aproximação da personagem ao cubo

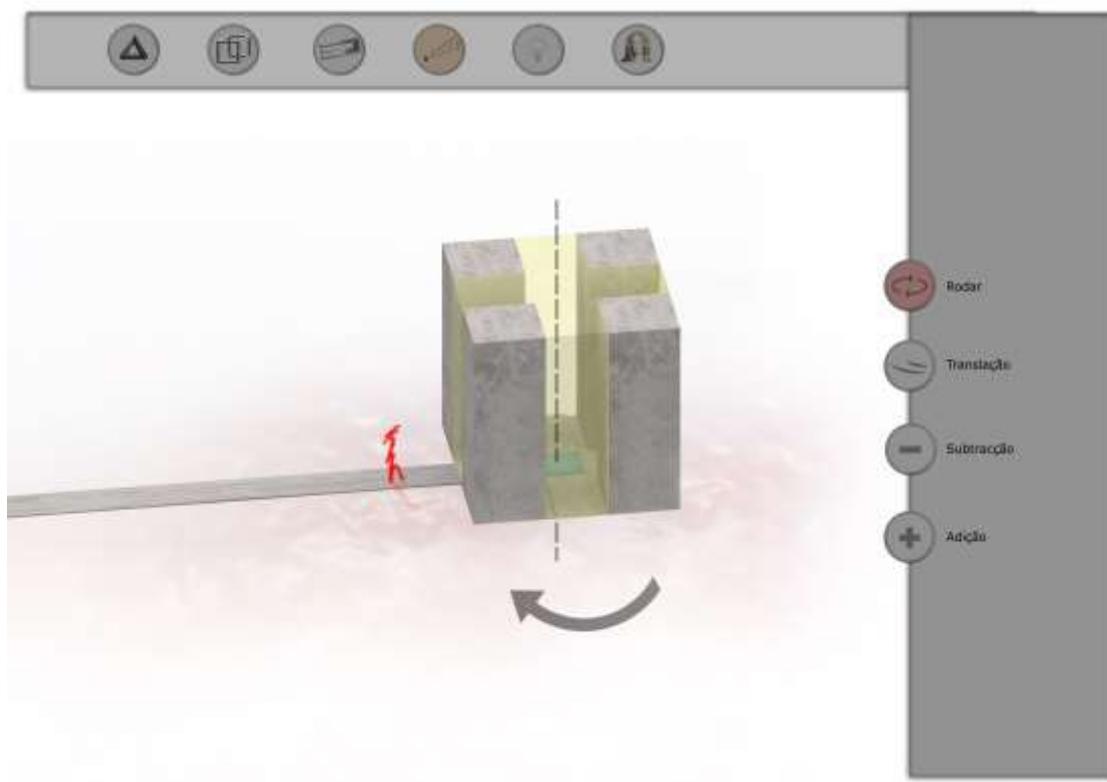


Figura 92 - Movimentação do objecto aliado à observação a partir de um ponto de vista específico

Dentro do cubo, os planos formarão dois caminhos, em forma de cruz, com uma intersecção central onde surge um botão azul. É nesse botão, e assim que a personagem se aproxima, que leva às primeiras transformações dos elementos arquitectónicos. Quando a personagem entra em contacto com este botão, os caminhos com intersecções passam a ser dois elementos distintos, passando a existir uma cruz superior e uma outra inferior, tal como podemos observar na figura 93. O cubo em si começa então a ficar esquecido.

Após os dois elementos figura 94, surge no elemento superior uma entrada, protegida por uma estrutura em vidro, que a personagem vai querer atingir. Como a personagem se encontra na intersecção inferior do objecto, terá de arranjar uma solução para atingir o nível superior. A solução passa pelo deslizamento da peça inferior, que vai alcançar a peça superior. Desta maneira, e como vemos na sequência de imagens das figuras 96 e 97, a personagem irá conseguir deslocar-se até ao vão pretendido.

Mas nem tudo está resolvido, estes vão encontra-se protegido por uma estrutura em vidro. Será necessário movimentar a peça para o lugar de onde deslizou inicialmente, para que assim a estrutura de vidro quebre possibilitando a entrada da personagem no vão ambicionado, figura 98 e 99.

O deslizamento apresenta-se como uma das regras utilizadas tanto nos desenhos de Eisenman, como no jogo Monument Valley para manipulação do espaço.

Assim que a personagem transpõe o vão, recorre-se novamente à rotação para duplicar as peças existentes, figura 100, figura 101 e figura 102, sendo que a imagem que passamos a perceber passar a ser das peças, tanto a inferior como a superior, duplicadas.

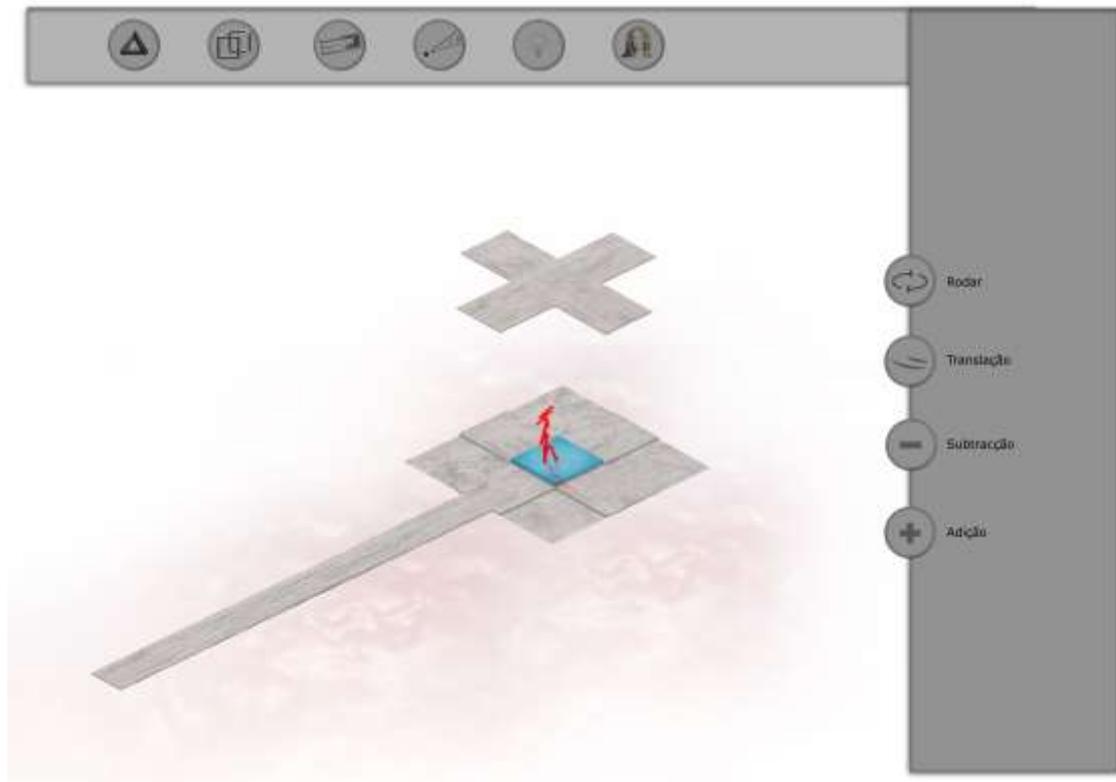


Figura 93 - Desaparecimento do cubo

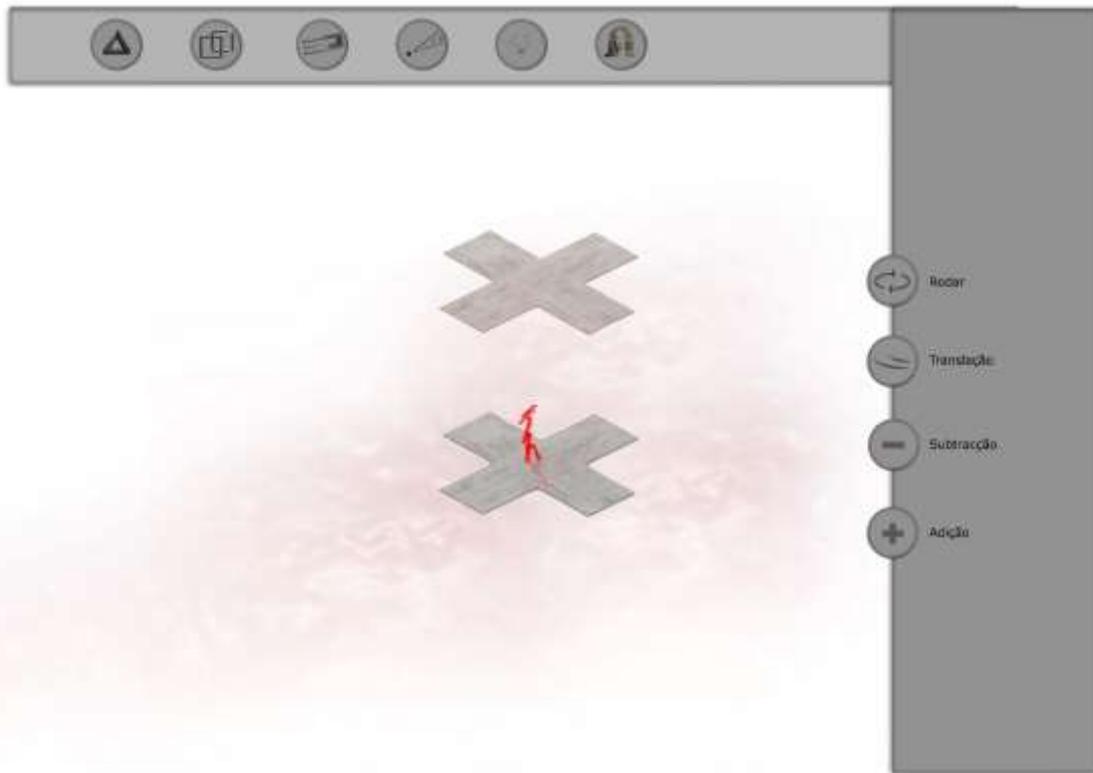


Figura 94 - Elementos em cruz

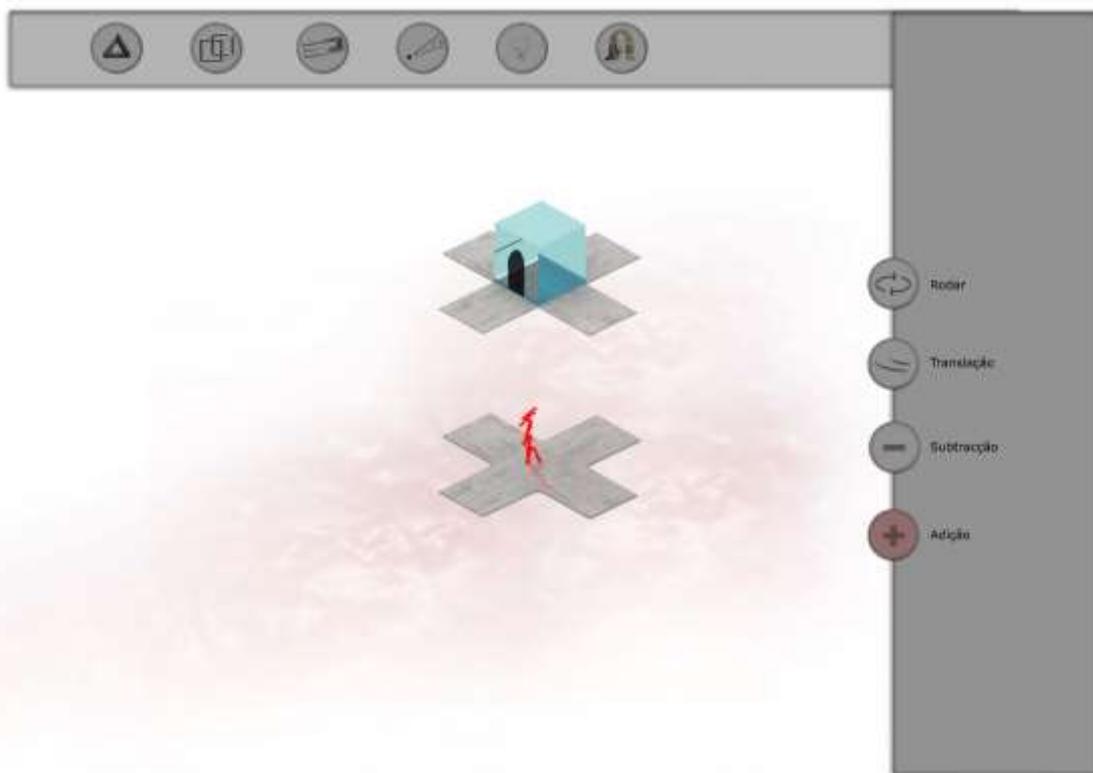


Figura 95 - Adição de um elemento arquitectónico

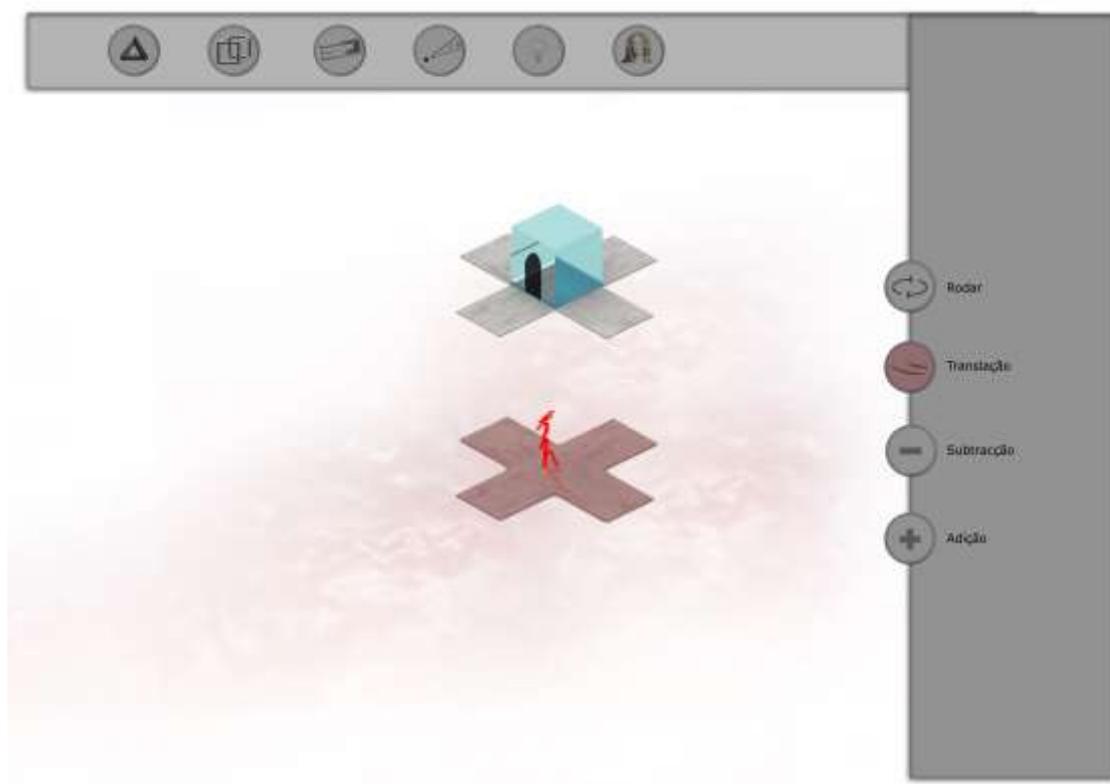


Figura 96 - Transformação por translação

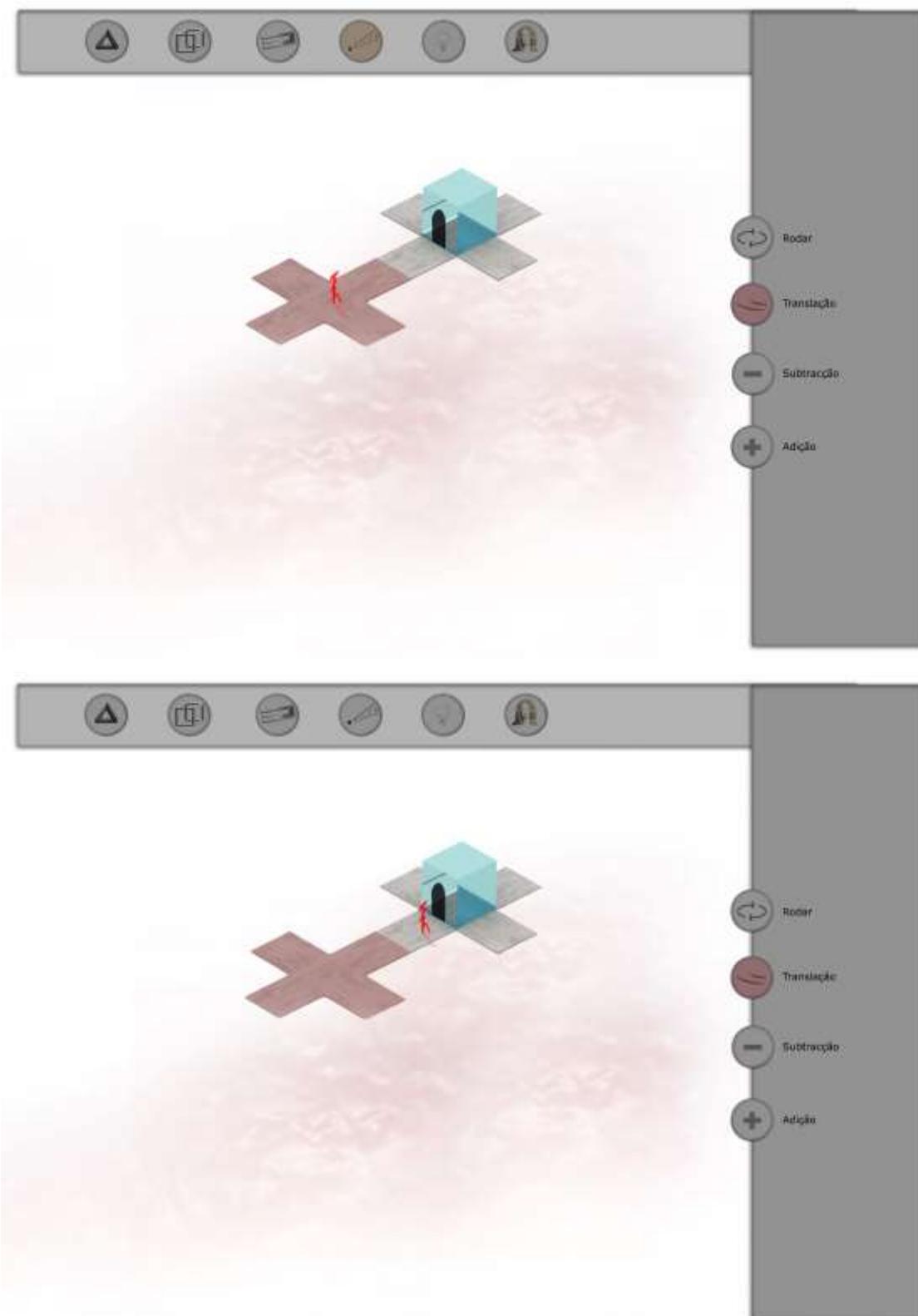


Figura 97 - Aplicação do movimento de translação

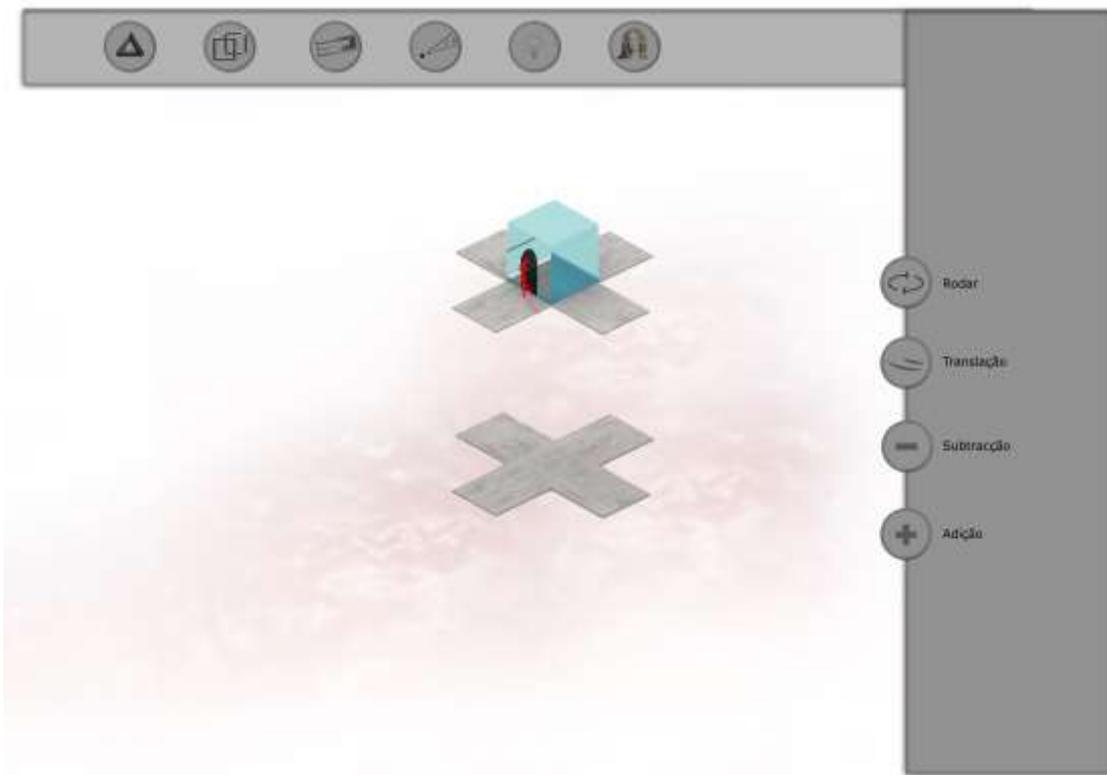


Figura 98 - Conclusão da primeira translação

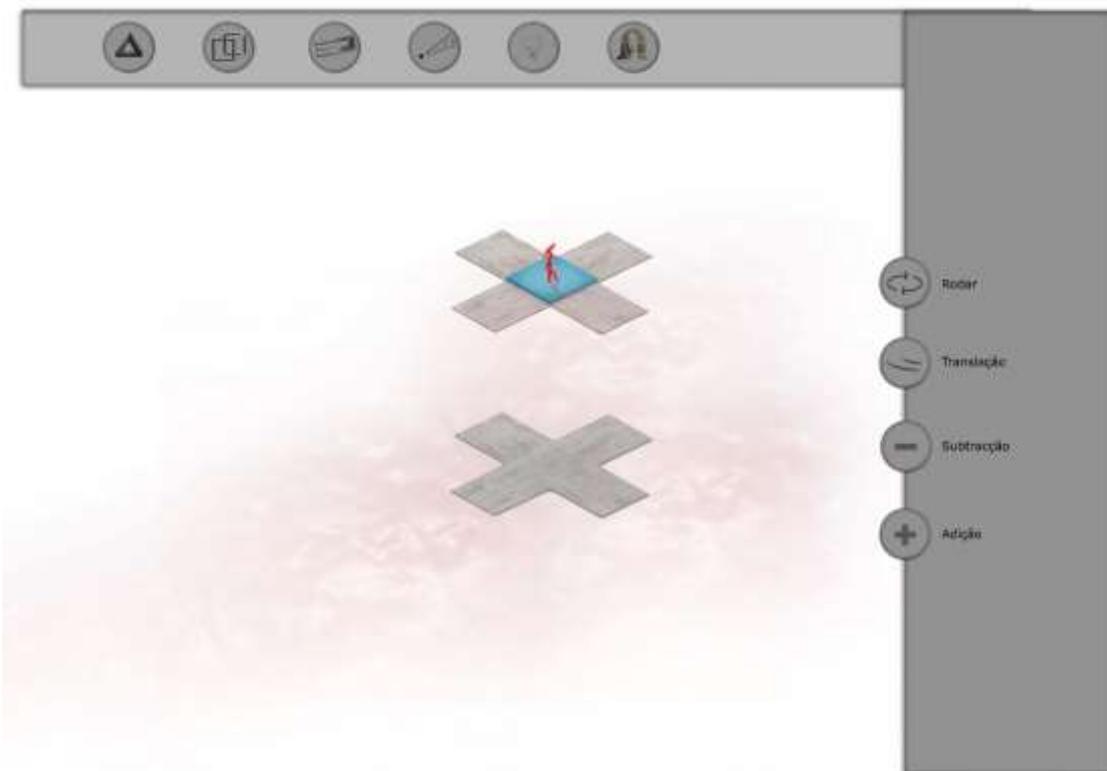


Figura 99 - Aparecimento de um novo elemento

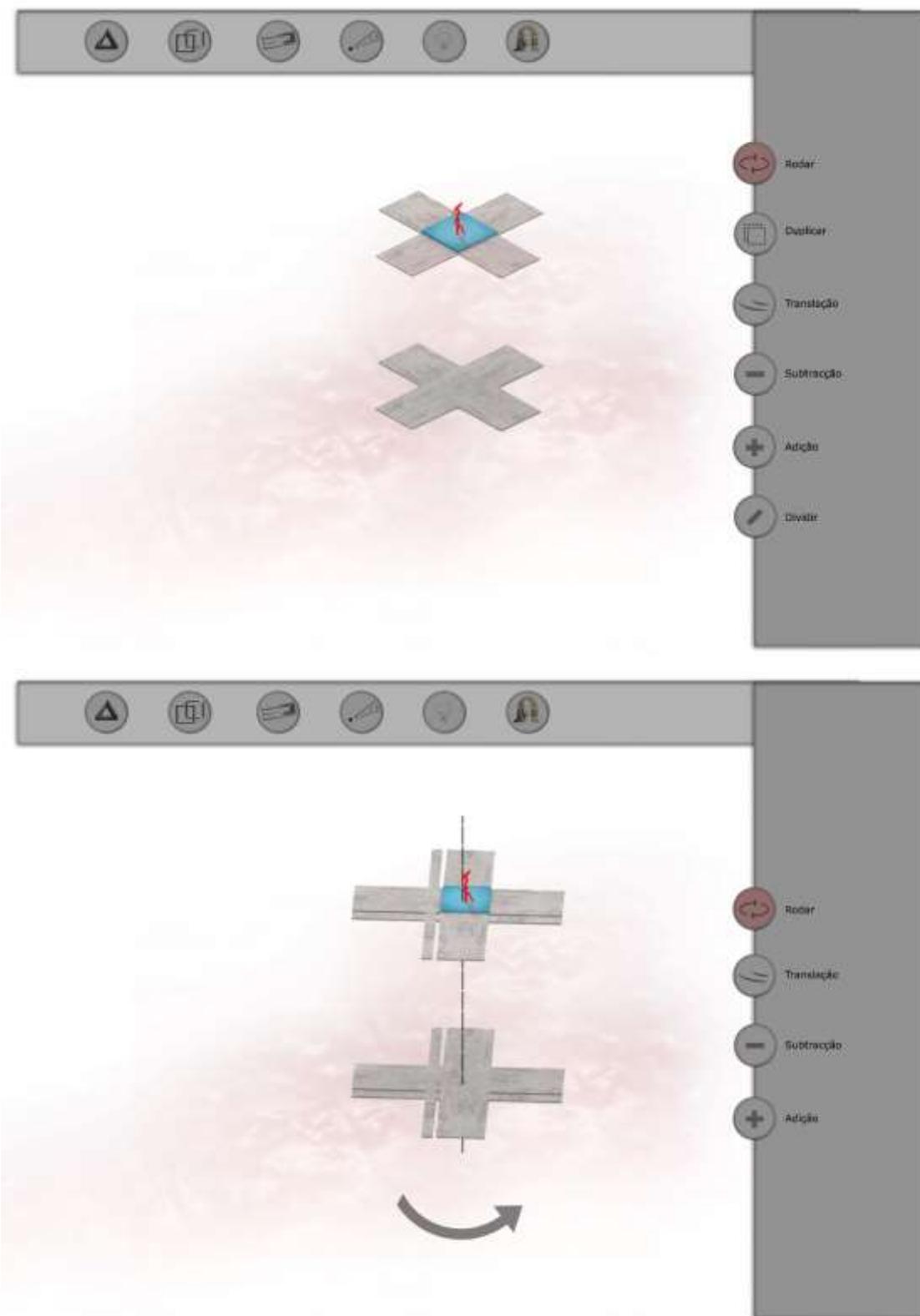


Figura 100 - Início da rotação

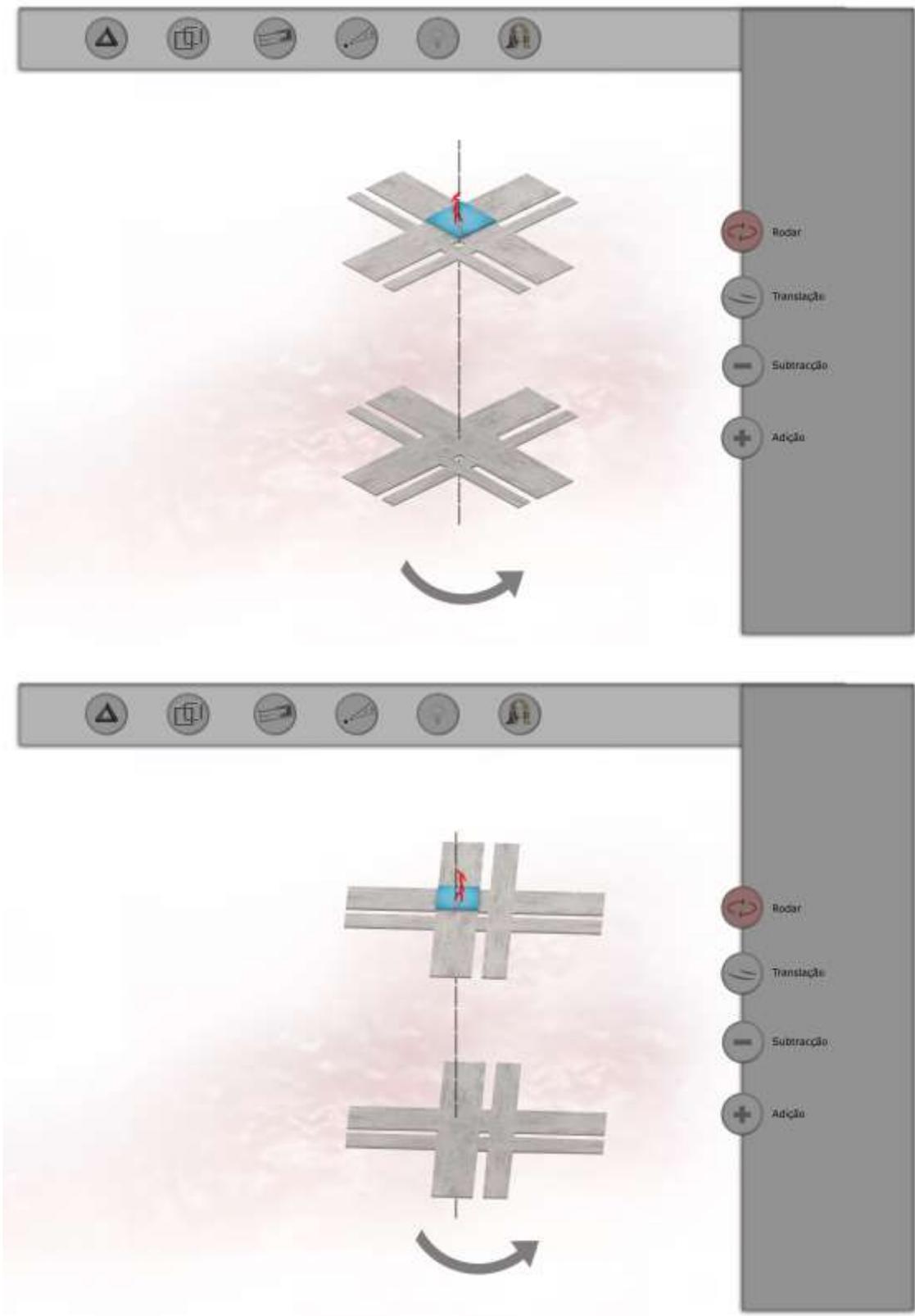


Figura 101 - Rotação para o duplicar das peças

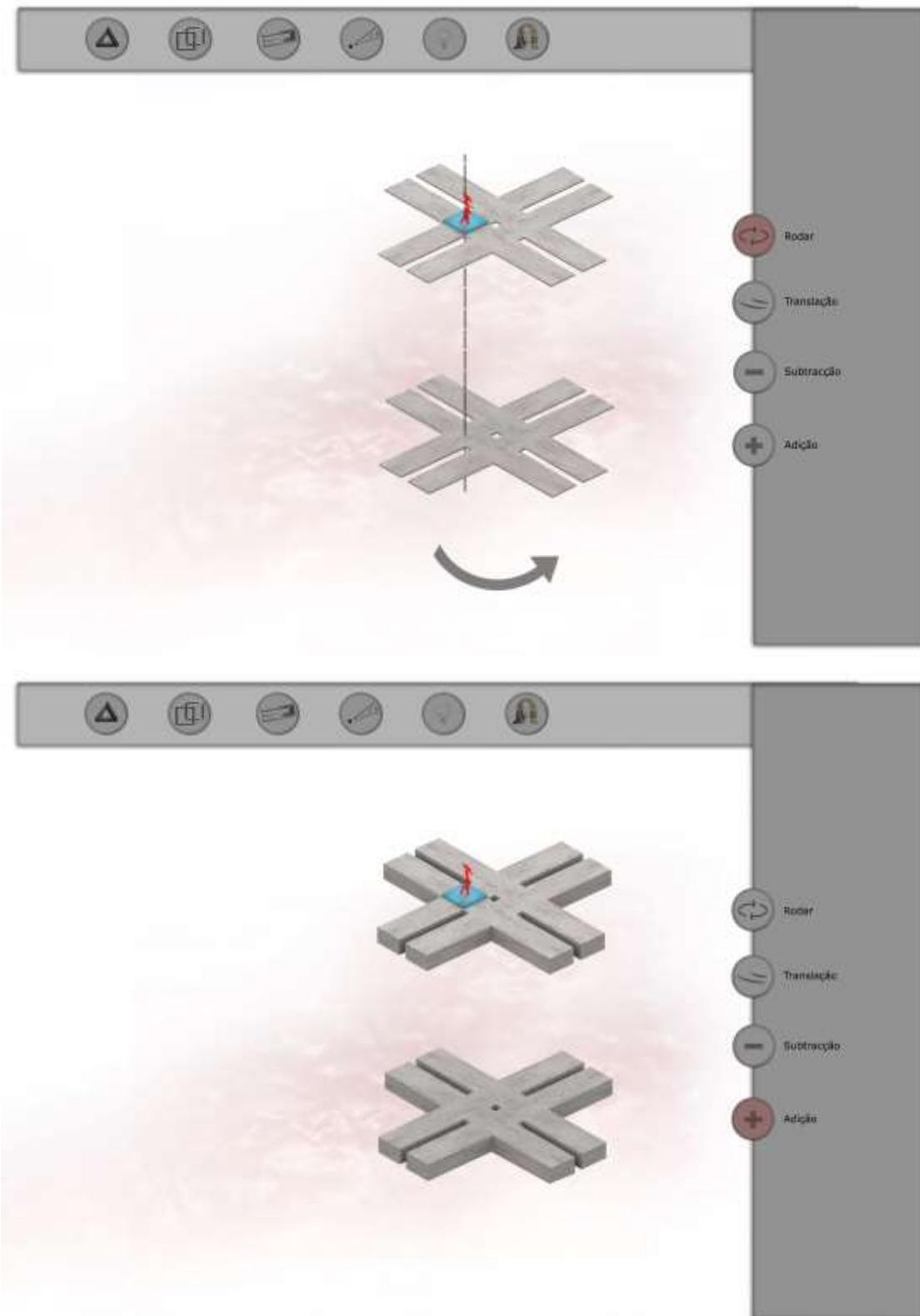


Figura 102 - Peças duplicadas

Após a duplicação das peças acontece ainda uma adição e consequente translação nas mesmas. Mas enquanto que a adição surge como um movimento que não vai ser determinado pelo jogador, sendo um movimento que simplesmente acontece, a translação por sua vez vai ter de ser descoberta. As adições e translações surgem referentes ao trabalho de Eisenman pois era também uma das transformações a que este arquitecto recorria, figura 103.

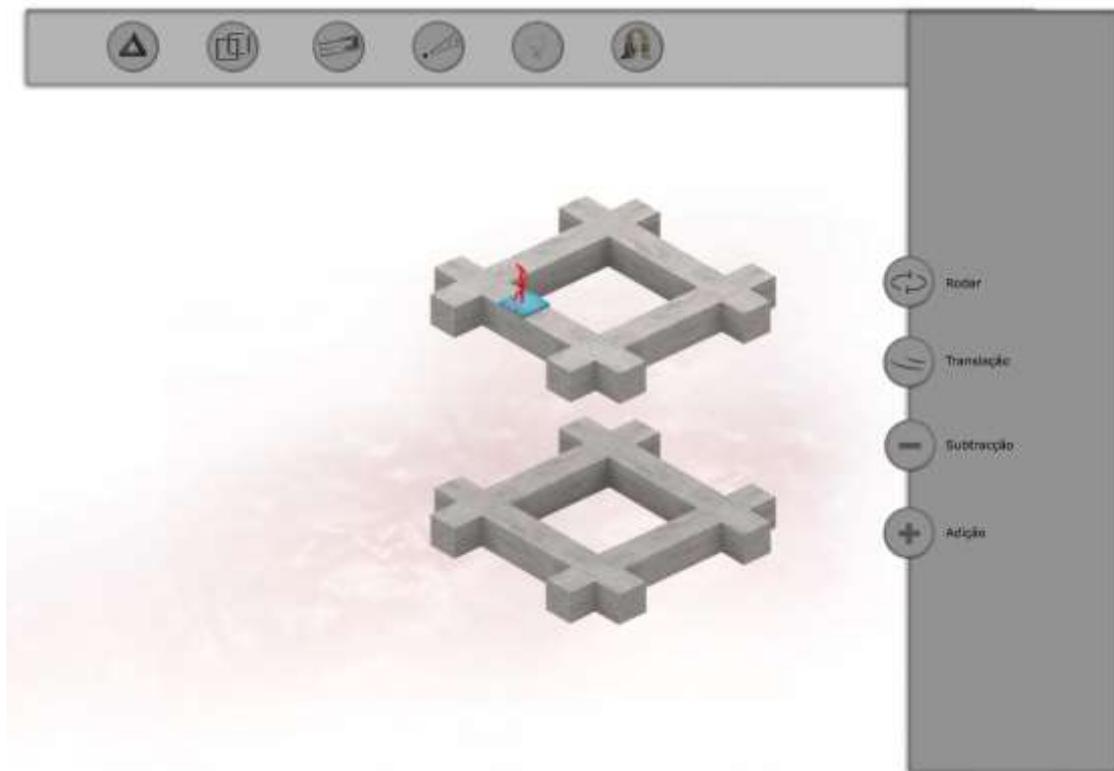


Figura 103 - Aplicação da regra da translação

Aplicada a translação, irá surgir um elemento do objecto arquitectónico representado a uma cor diferente. Este apresenta-se de uma cor diferente, pois apenas aquele elemento arquitectónico irá sofrer alterações. Neste caso, e observando a figura 104 e 105, apercebemo-nos do aparecimento de um vão. Para atingir esse vão será necessário que a personagem caminhe por um espaço onde não exista gravidade.

Esta parte do jogo surge baseada na obra "*Relatividade*" de Escher, onde este artista faz também uso da movimentação do espaço pela ausência de gravidade.

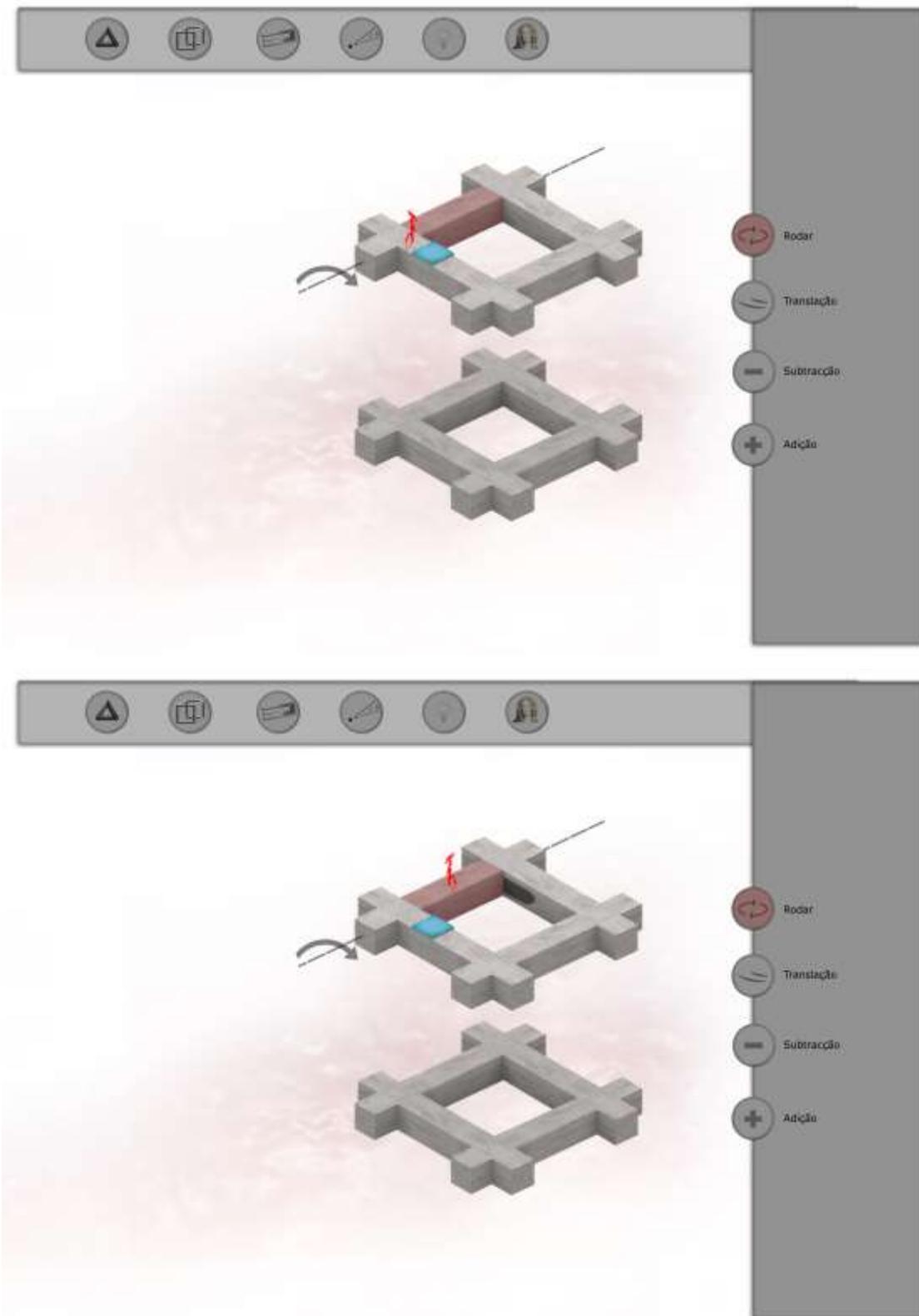


Figura 104 - Transformação por rotação

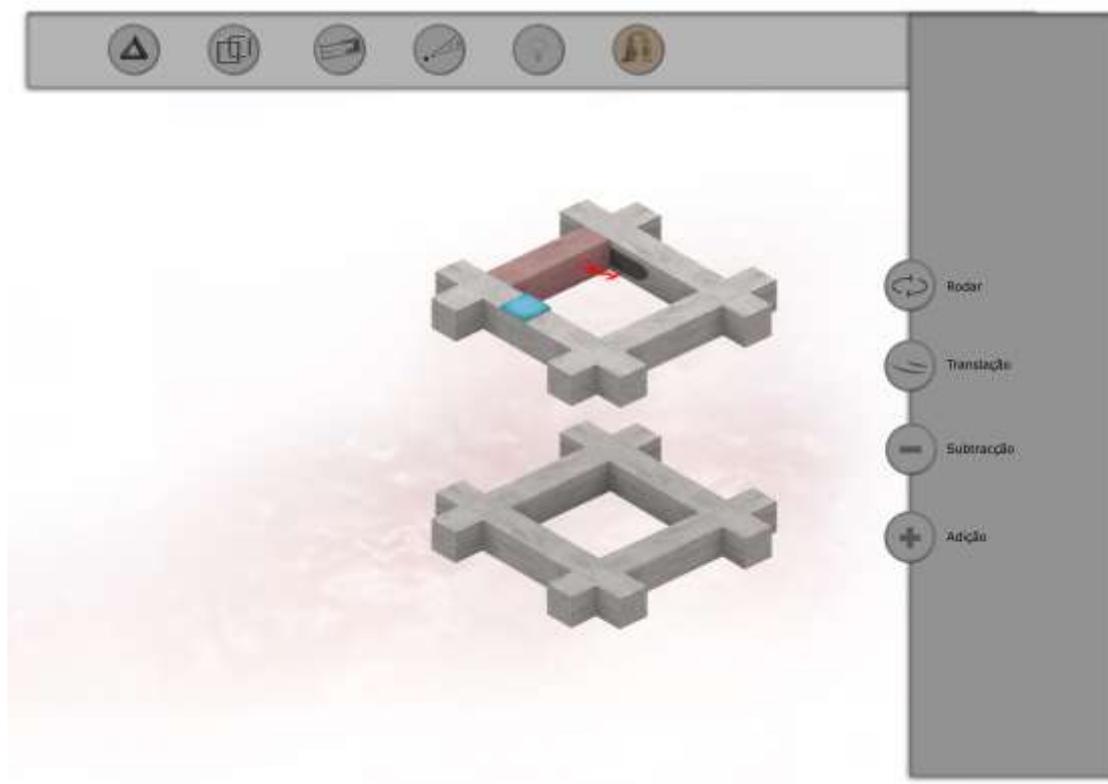


Figura 105 - Movimentação da personagem no espaço

Nesta fase e com a entrada e saída da personagem em vários vãos, irão formar-se os planos que definirão as paredes. Estes planos vão surgindo à medida que a personagem se movimenta pelos pilares referentes a cada plano. O objectivo desta série de entradas e saídas é provocar a confusão no espectador ao mesmo tempo que se vai desenvolvendo o espaço.

A sequência acaba quando obtemos os 4 planos, figuras 106, 107 e 108, e a personagem se liberta deste desenrolar de entrada e saída de vãos, voltando ao mundo gravitacional dito real.

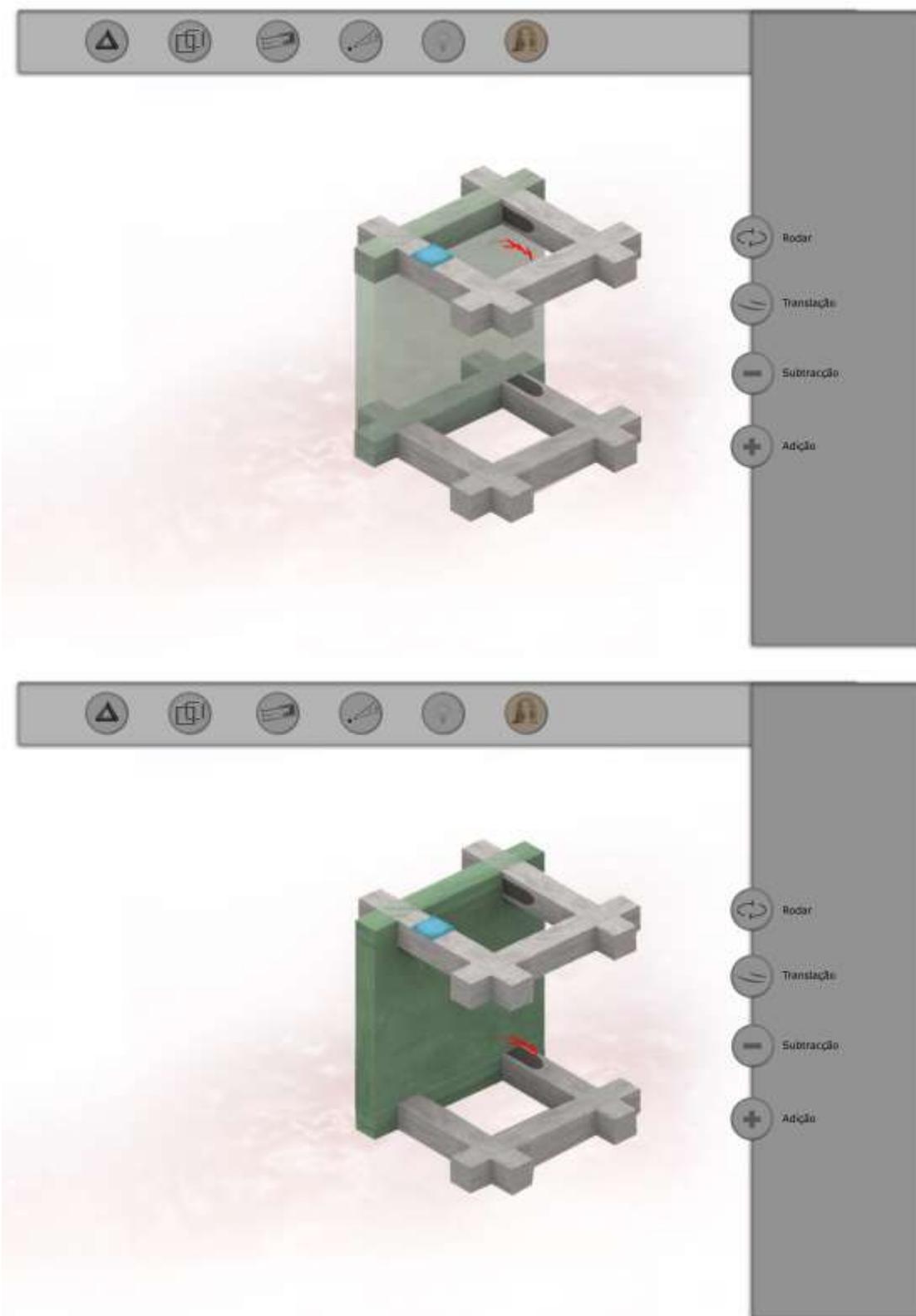


Figura 106 - Início da entrada e saída da personagem dos vãos

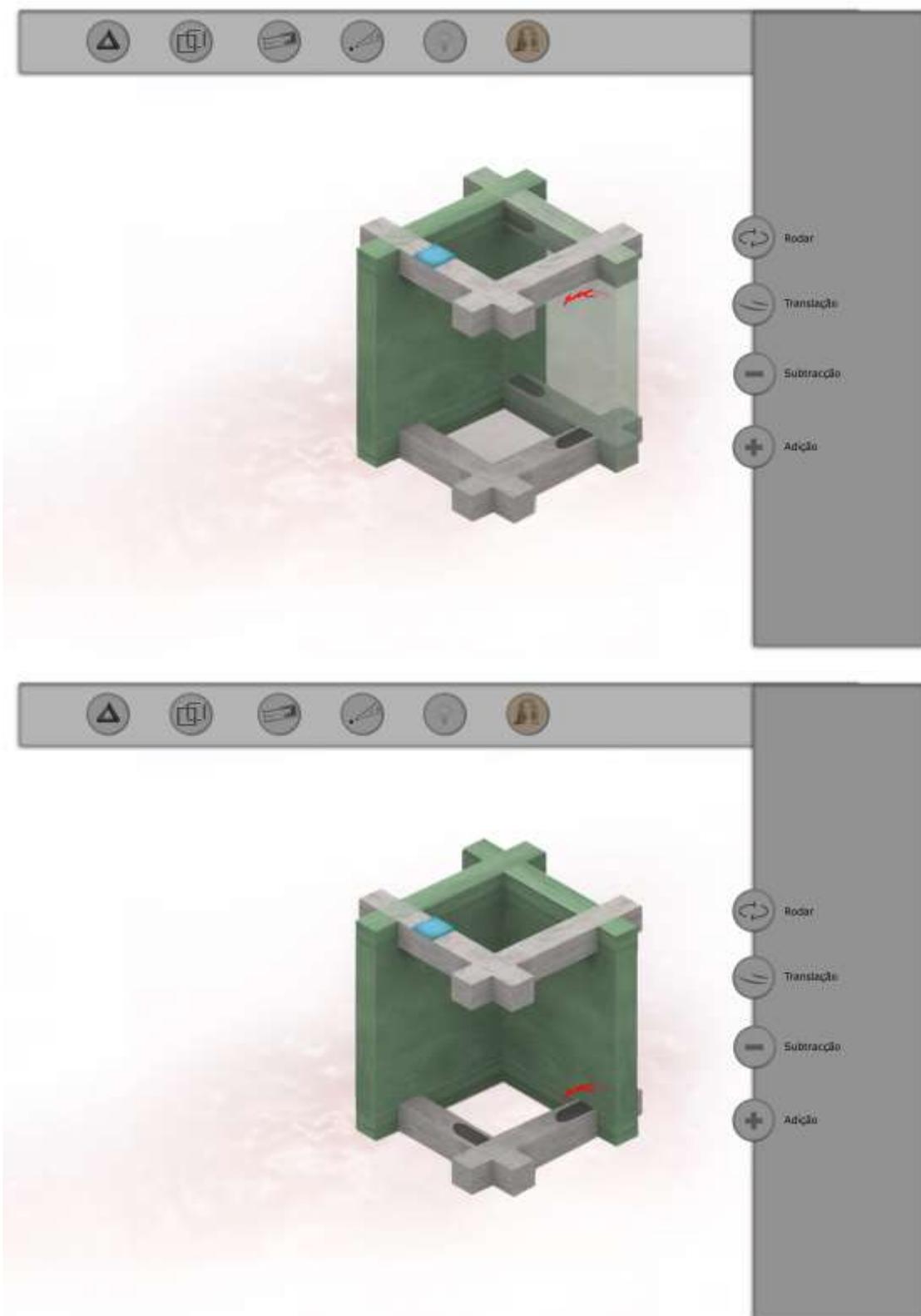


Figura 107 - Aparecimento de algumas paredes após entrada e saída da personagem de vãos

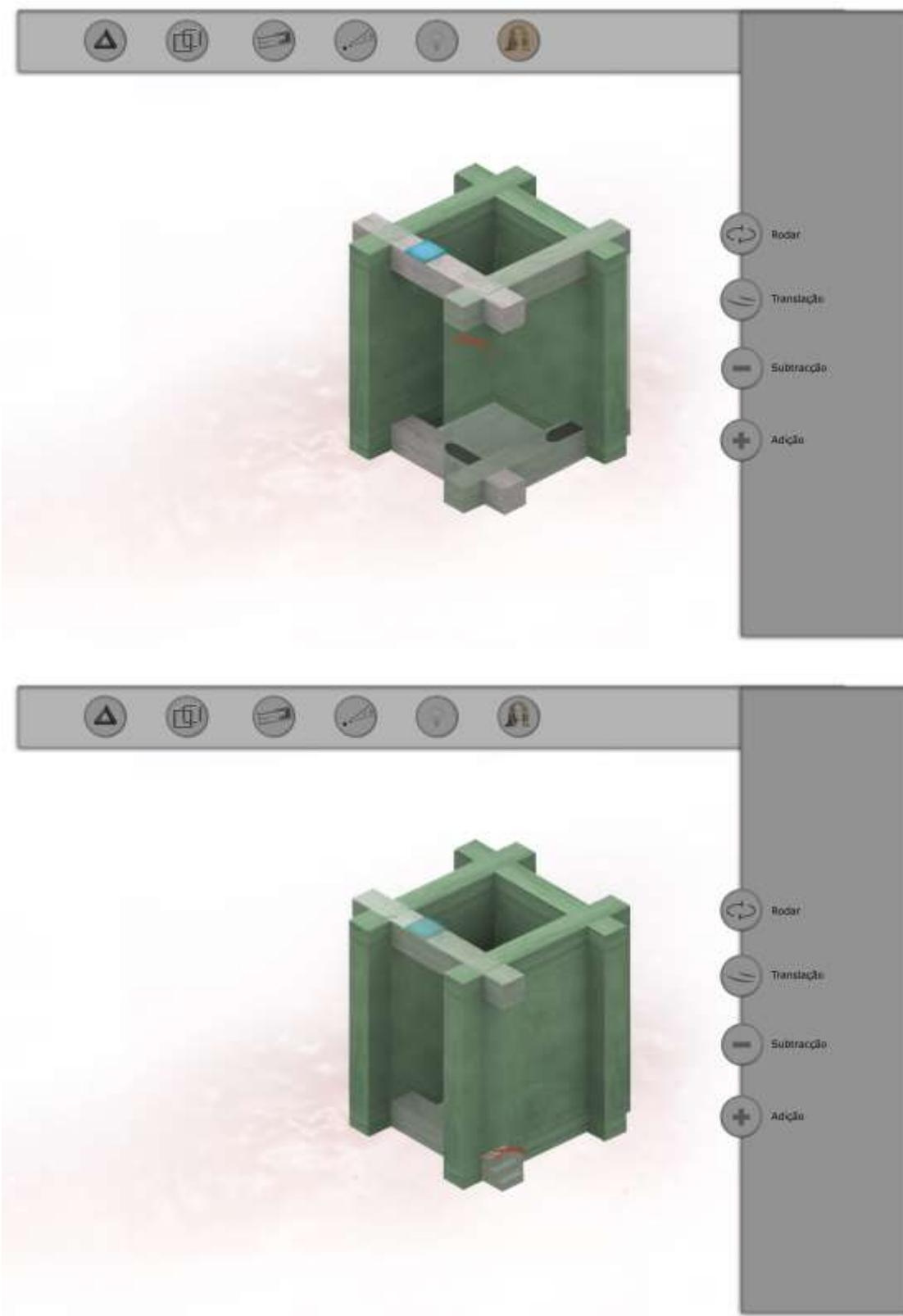


Figura 108 - Conclusão das 4 paredes

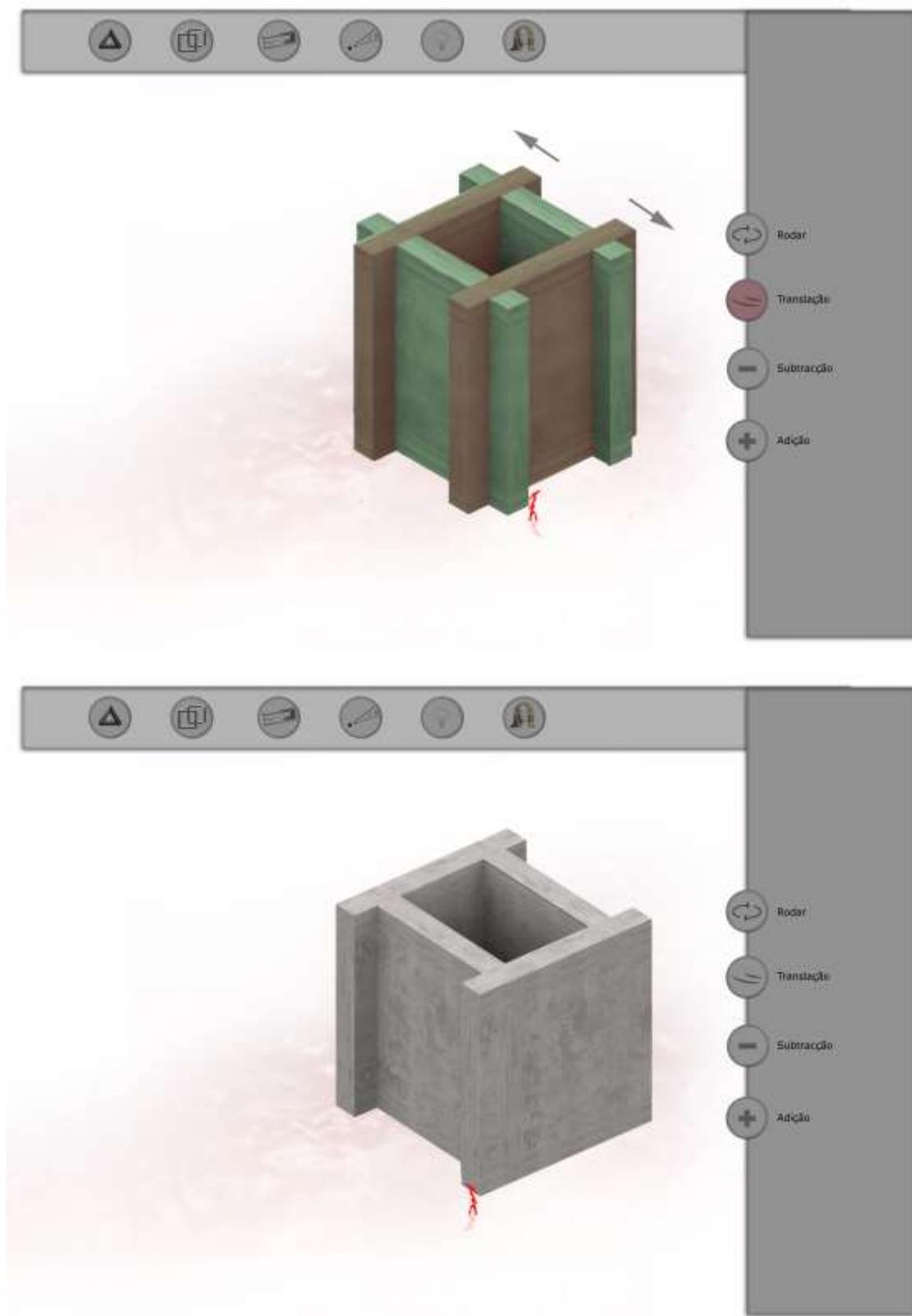


Figura 109 - Aplicação da translação

Assim que o elemento arquitectónico se encontra com os quatro planos, irão surgir dois desenvolvimentos. O primeiro define-se por uma translação e o segundo por uma subtração. Estas movimentações surgem com o intuito de nos aproximarmos da House II de Peter Eisenman. figura 109 e 110.

Aplicadas estas duas movimentações surgirão umas escadas às quais a personagem terá acesso. Existirá também um botão na parte superior do protótipo ao qual a personagem terá de aceder. Sendo que a personagem se encontra na parte inferior do protótipo, esta conseguirá chegar ao botão através da rotação do elemento arquitectónico, que permitirá que, através da ilusão de óptica esta o consiga alcançar. Isto torna-se possível através da manipulação da luz, pois a nossa percepção assume que o patamar inferior e superior são os mesmos pela percepção da mesma cor, e neste caso ausência de profundidade, figura 111 e figura 112.

Ao entrar em contacto com este botão a percepção que o observador terá sobre o espaço será totalmente diferente, como podemos ver na figura 113 e na figura 114. Numa conseqüente entrada e saída de vãos, a personagem entrará em contacto com botões que transformarão o espaço. Nesta fase existirá uma alteração na maneira como percebemos os elementos arquitectónicos, e entrará nesta parte novamente a regra da não gravidade. Nesta fase a personagem movimenta-se no espaço como se andasse de cabeça para baixo. Esta ilusão foi também estudada anteriormente através do cubo cheio/ cubo vazio.

Na entrada do último vão a personagem terá acesso ao pátio interior do edificado, aí encontra-se um outro botão que transformará a arquitectura numa analogia à House II de Peter Eisenman. De referir que ao clicar nesse botão a personagem desaparece, deixando de existir no jogo. O objectivo do jogador é então fazer com que a personagem retorne.

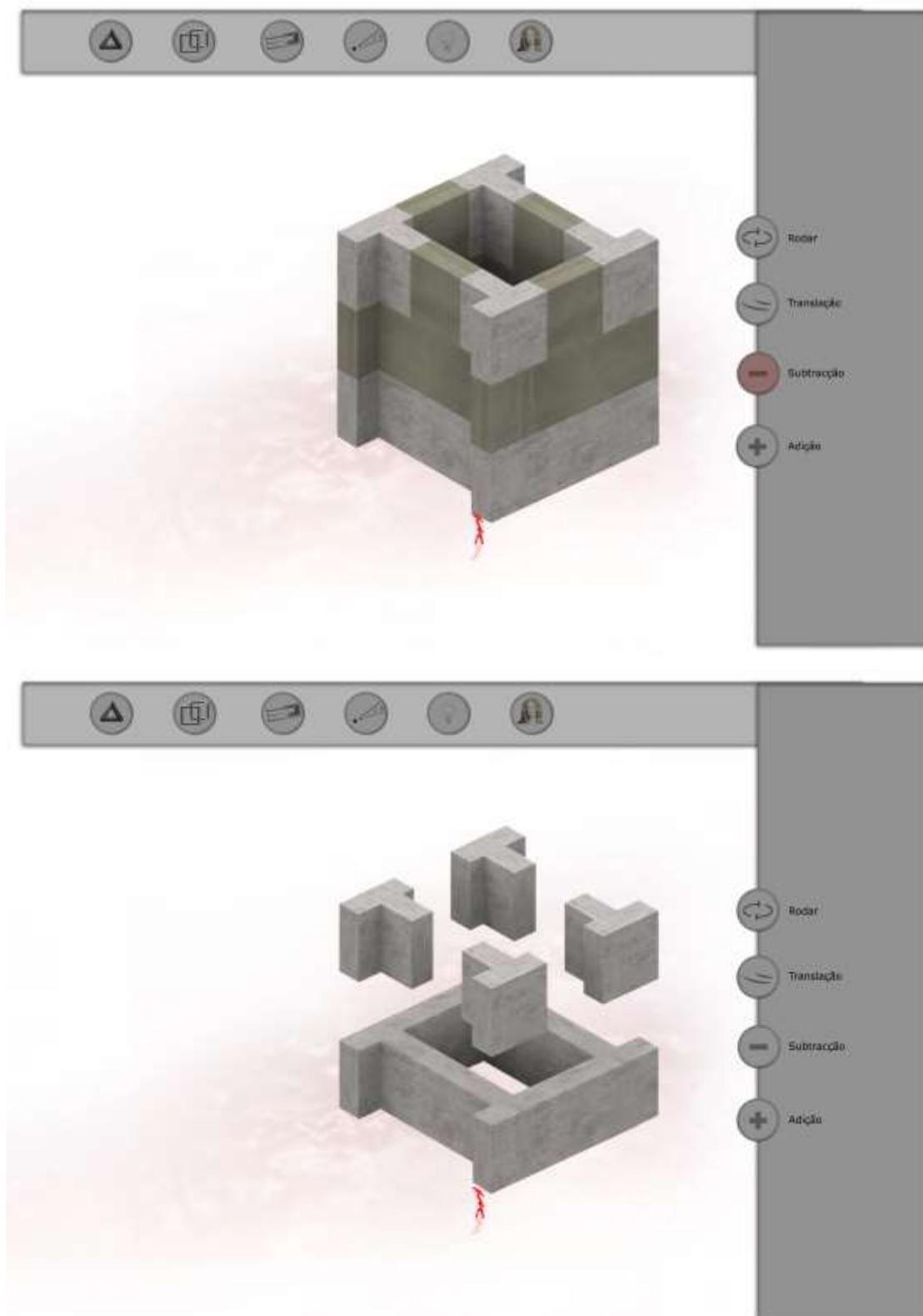


Figura 110 - Aplicação da subtração

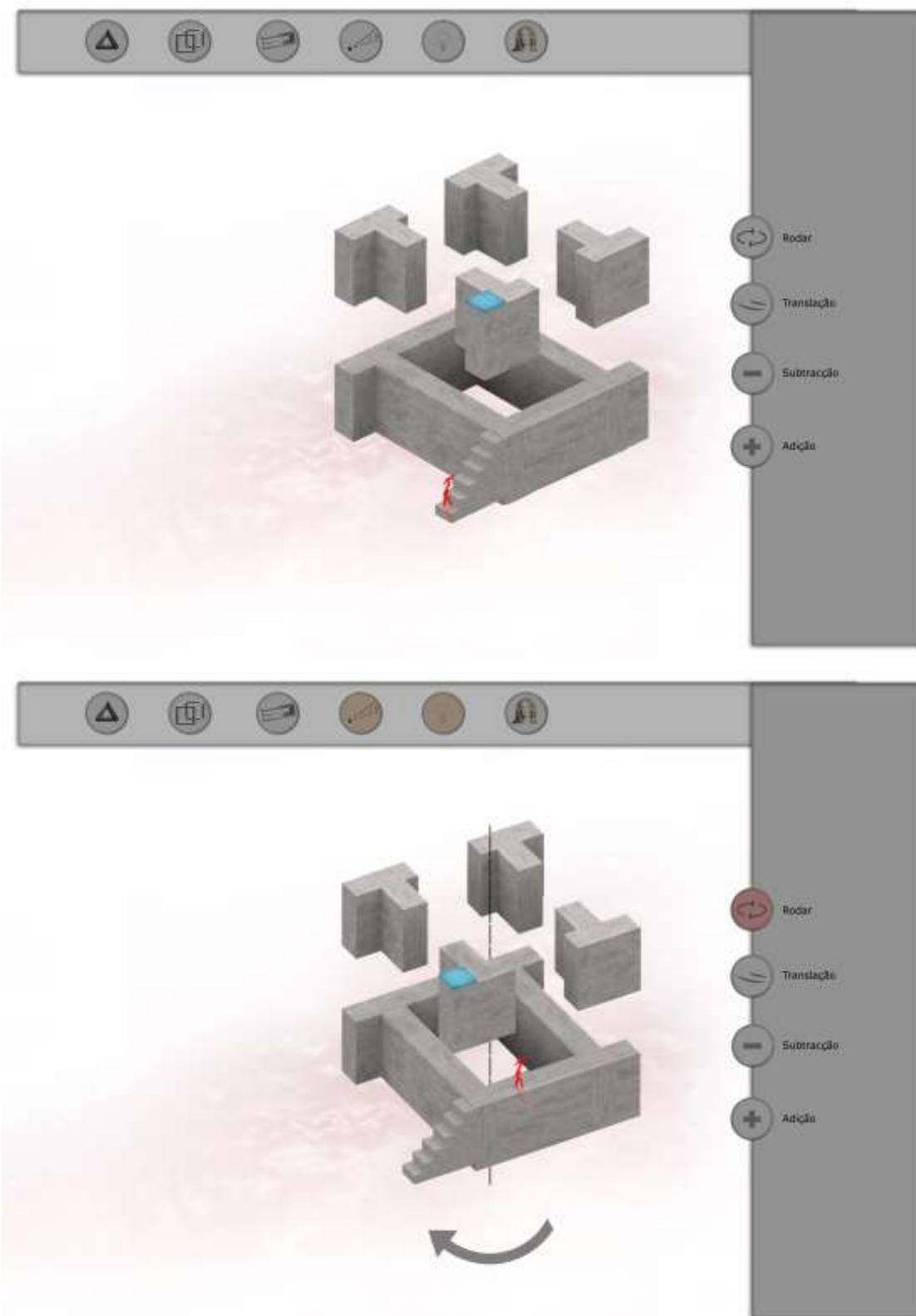


Figura 111 - Rotação do elemento arquitectónico

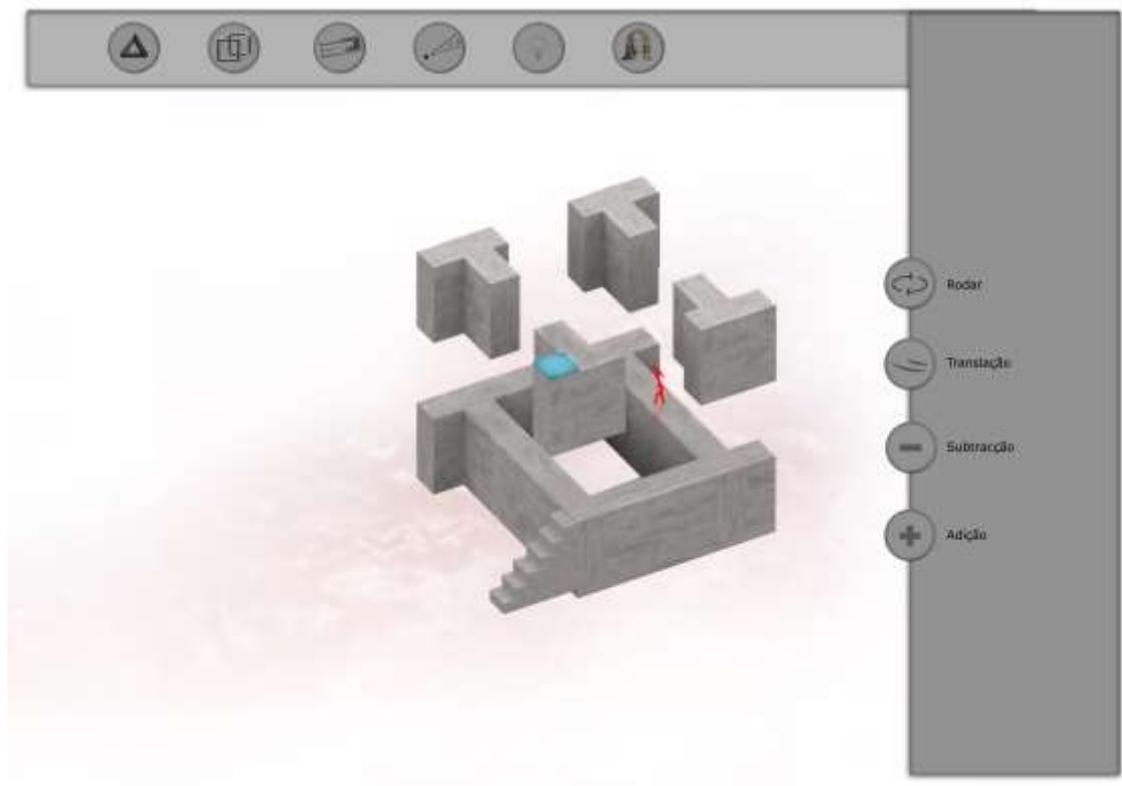


Figura 112 - A personagem terá acesso ao botão pela ilusão de óptica

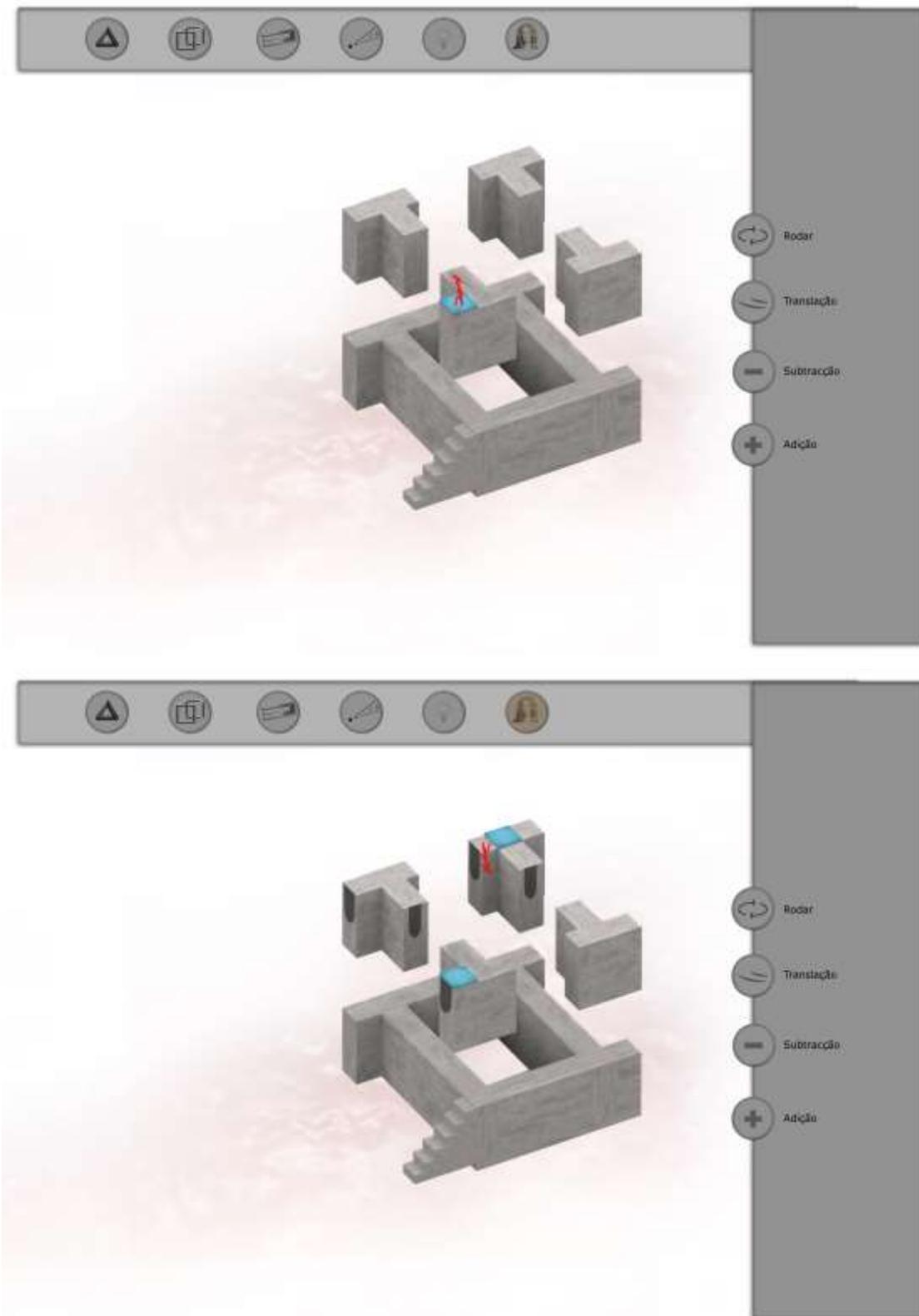


Figura 113 - Movimentação no espaço da personagem

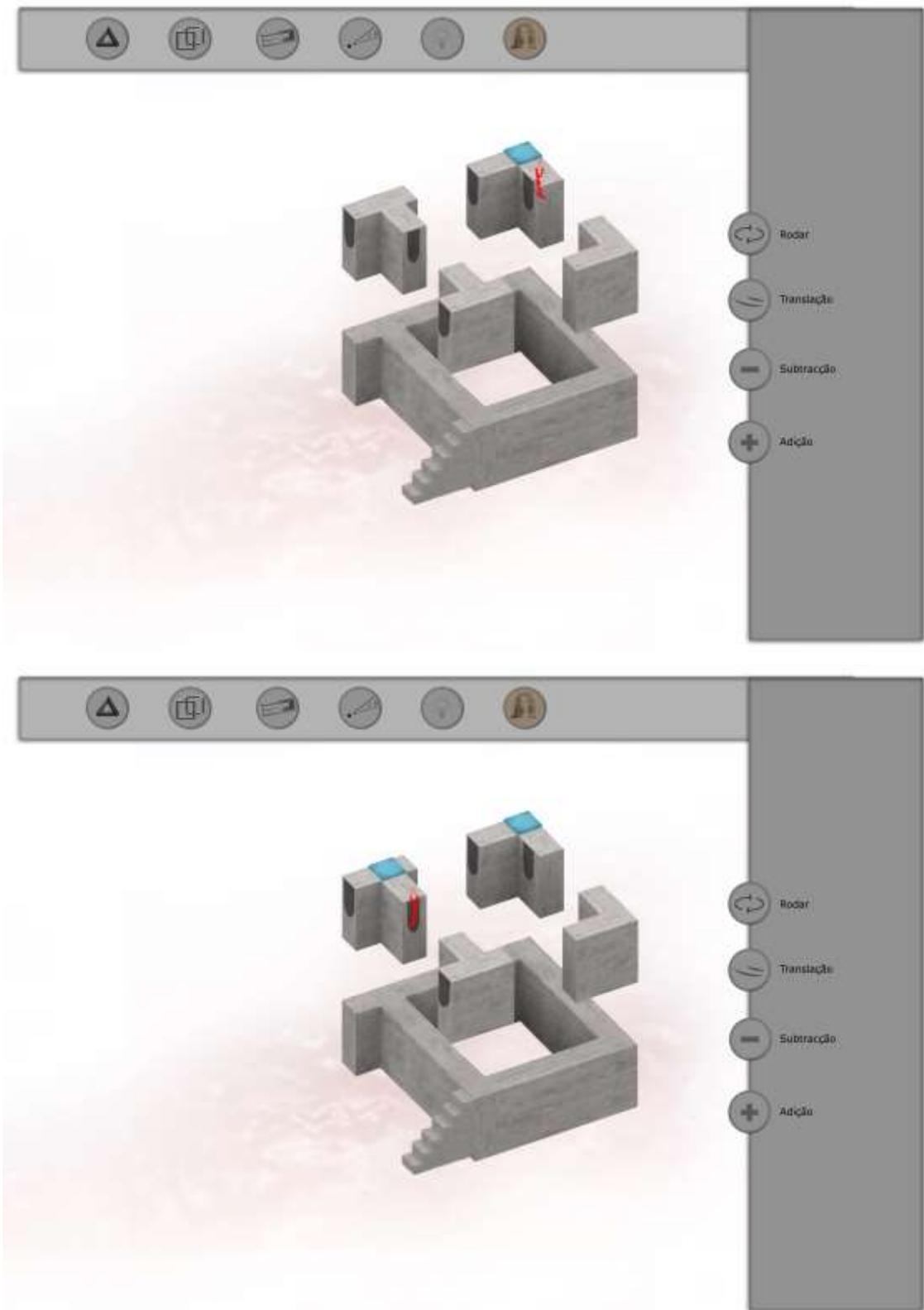


Figura 114 - Entrada e saída de vãos da personagem

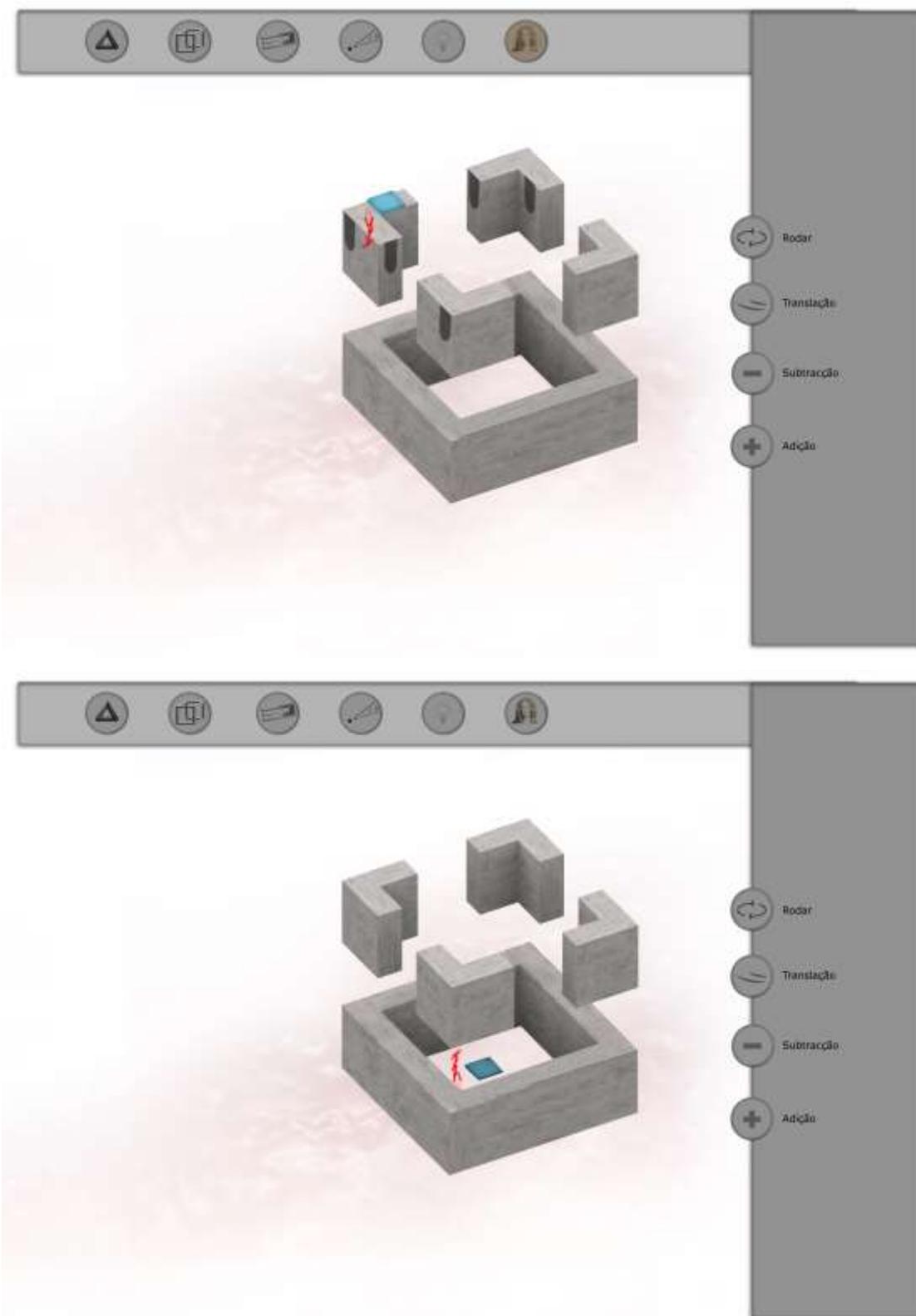


Figura 115 - Entrada no último vão que dá acesso ao pátio interior

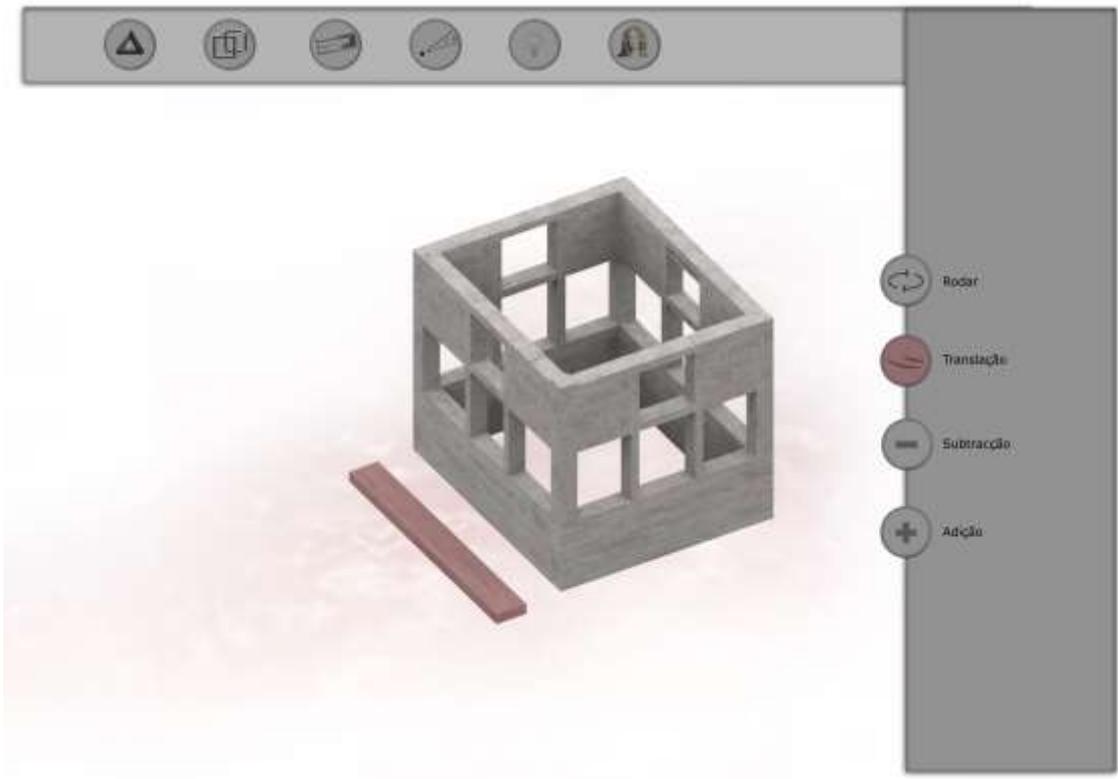


Figura 116 - Analogia à House II de Peter Eisenman

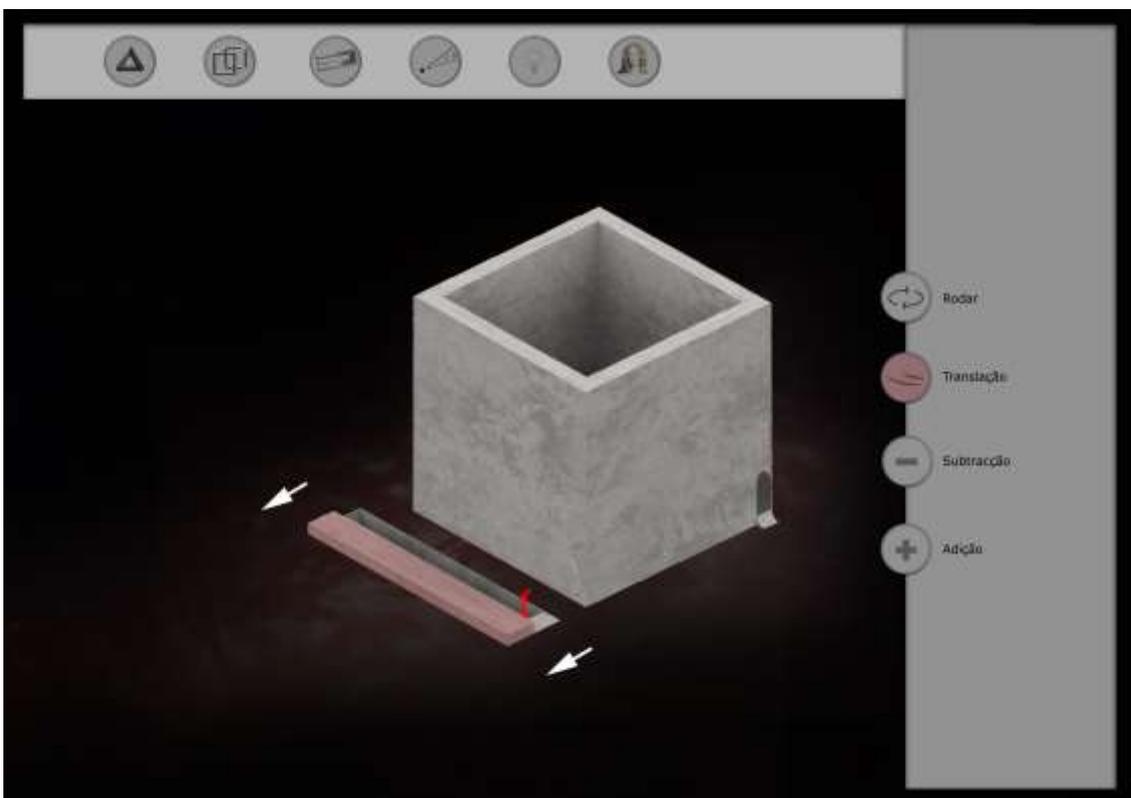


Figura 117 - Translação do elemento rectangular

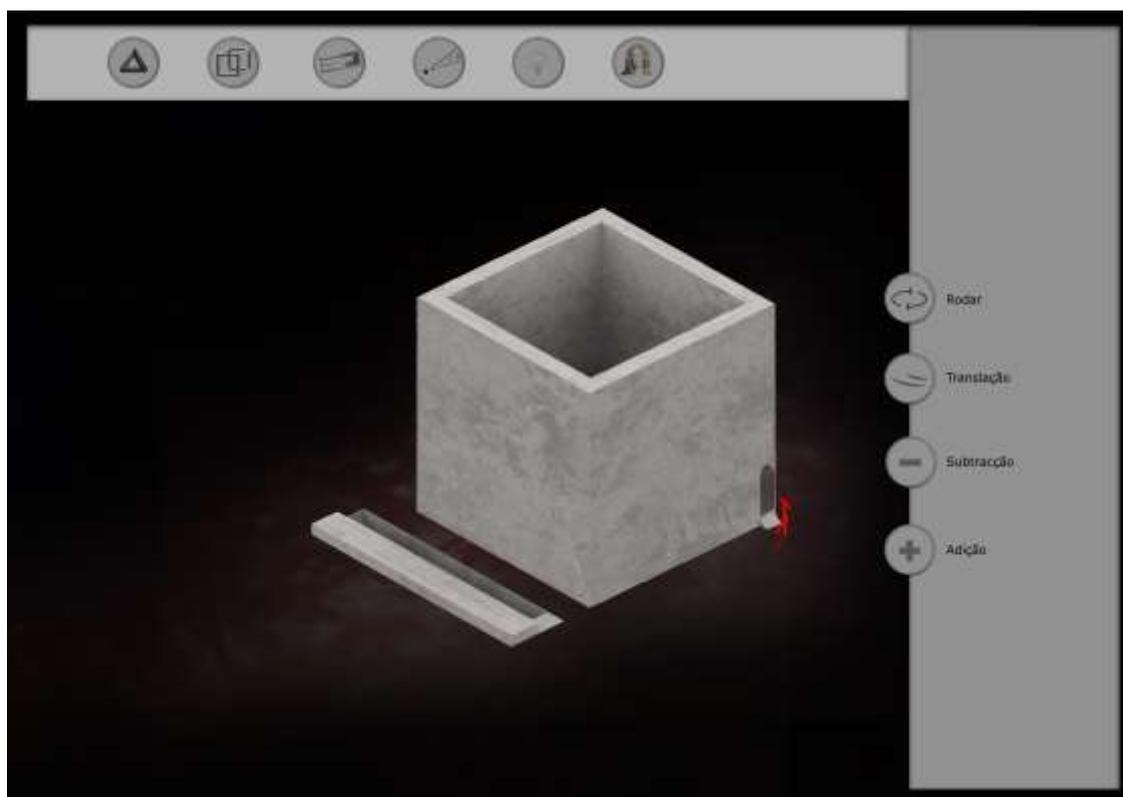


Figura 118 - Entrada da personagem no cubo

Assim, existirá um rectângulo que irá funcionar como tampa de um lugar subterrâneo. Deslizando a tampa, através de um movimento de translação, existirão umas escadas, e surgirá daí a personagem. A translação irá ainda fechar as aberturas do cubo, transformando-o num cubo compacto, figura 117.

Nesta fase surge também uma alteração da cor do fundo para distinção das diferentes casas com que estamos a trabalhar.

Já com a personagem, e com o surgimento de uma pequena rampa no canto inferior à direita do cubo, teremos de a encaminhar para alcançar esse elemento, figura 118. Quando a personagem sobe a rampa, o cubo compacto transforma-se num cubo constituído apenas por arestas, figura 119.

Nesta etapa a personagem irá mover-se pelas arestas do cubo. Com o objectivo de aceder às escadas que, entretanto, irão surgindo. O objectivo é que certas partes das arestas, identificadas a vermelho recorram à rotação para que a personagem consiga atingir as escadas. Ou seja, quando observamos que existe uma zona de cor diferente percebemo-nos que existe algo que pode ser transformado.

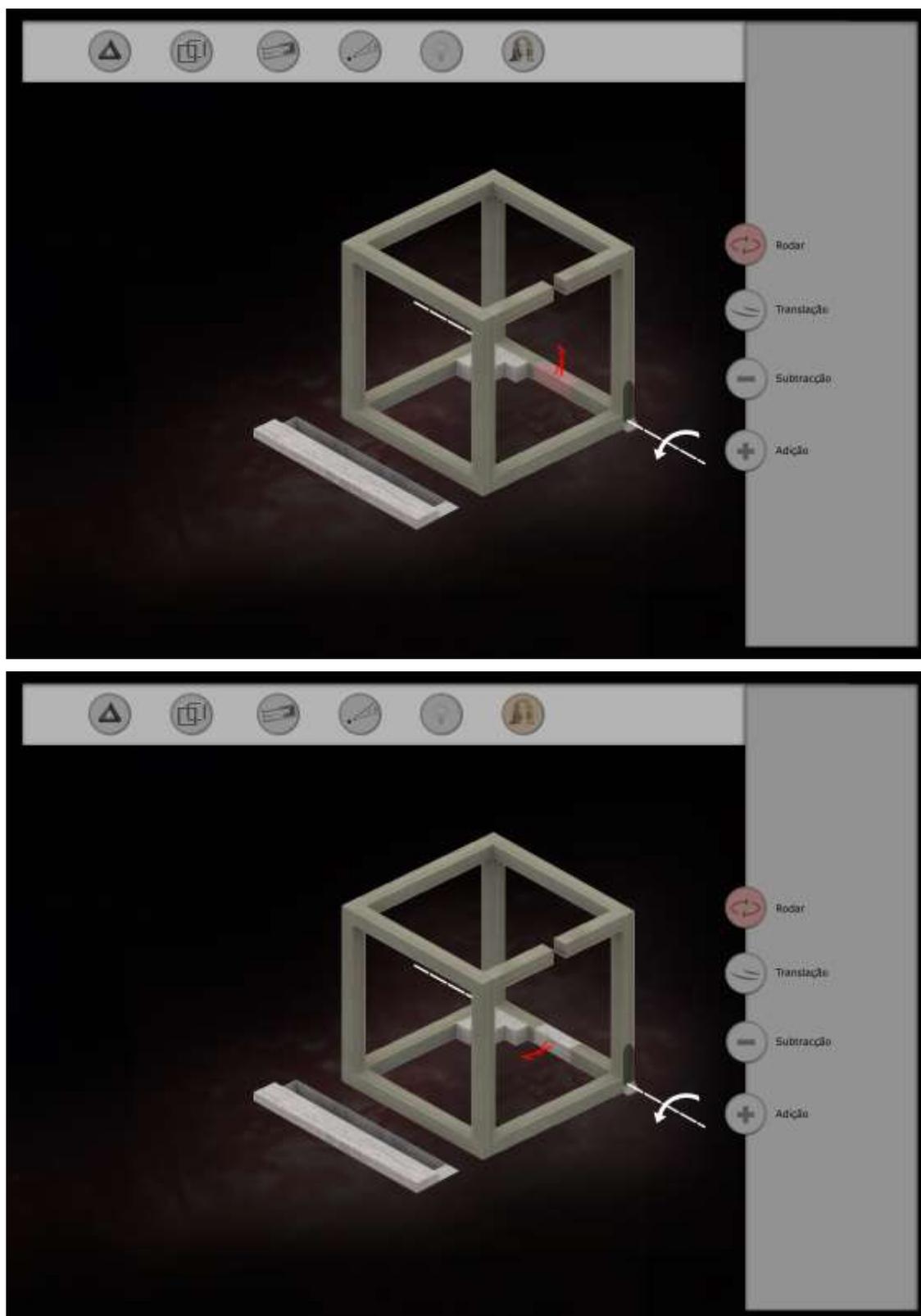


Figura 119 - Movimento no espaço através da rotação de elementos arquitectónicos

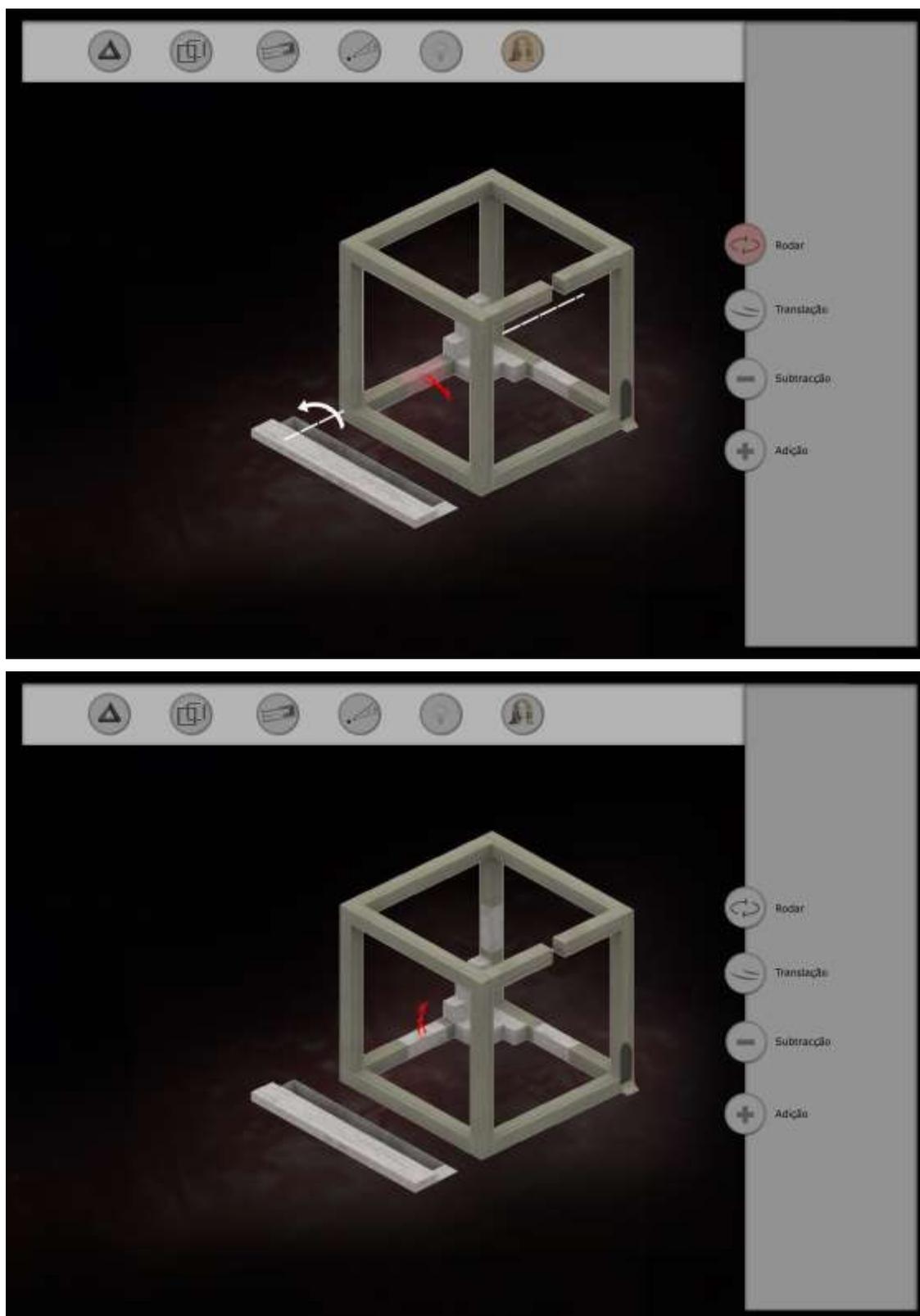


Figura 120 - Movimento no espaço através da rotação de elementos arquitectónicos

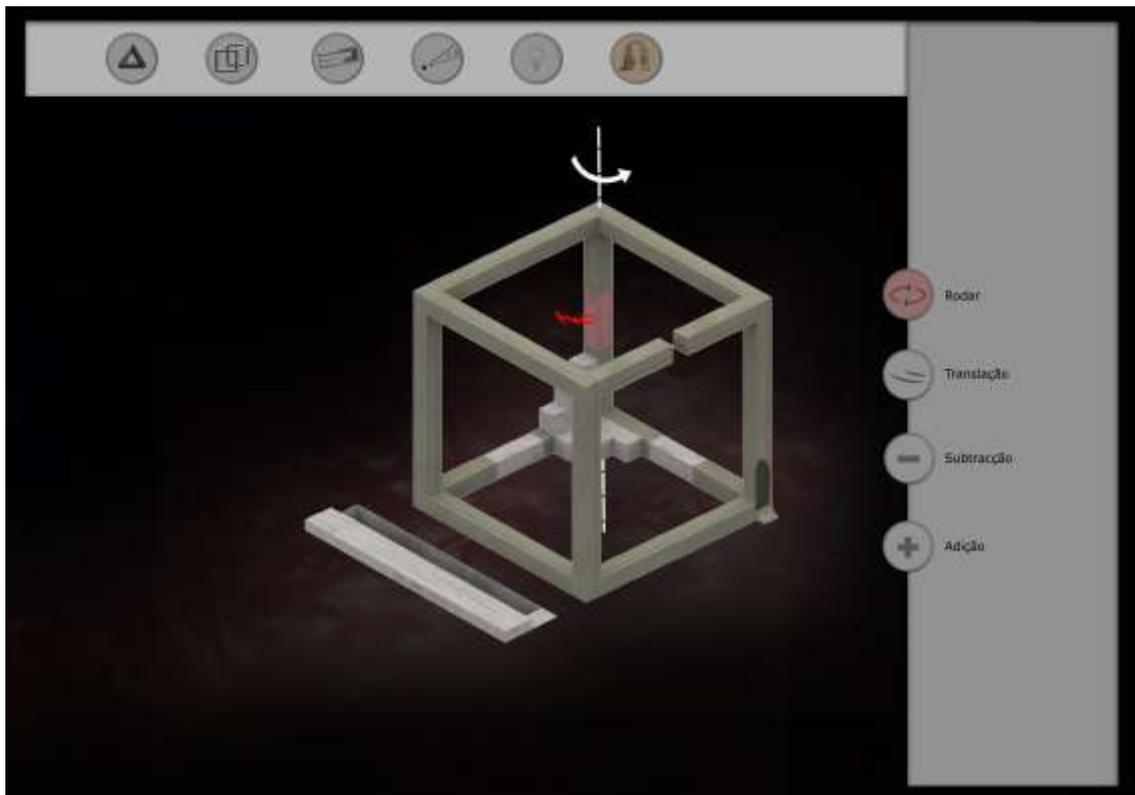
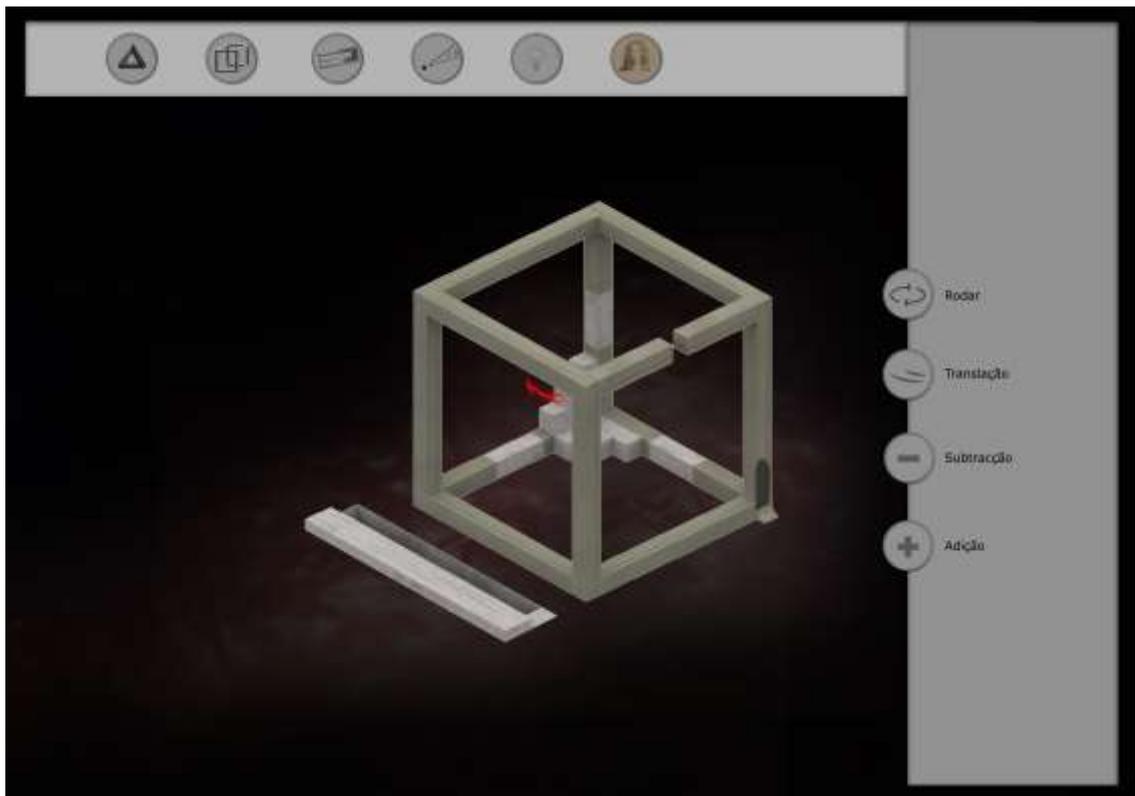


Figura 121 - Movimento no espaço através da rotação de elementos arquitectónicos

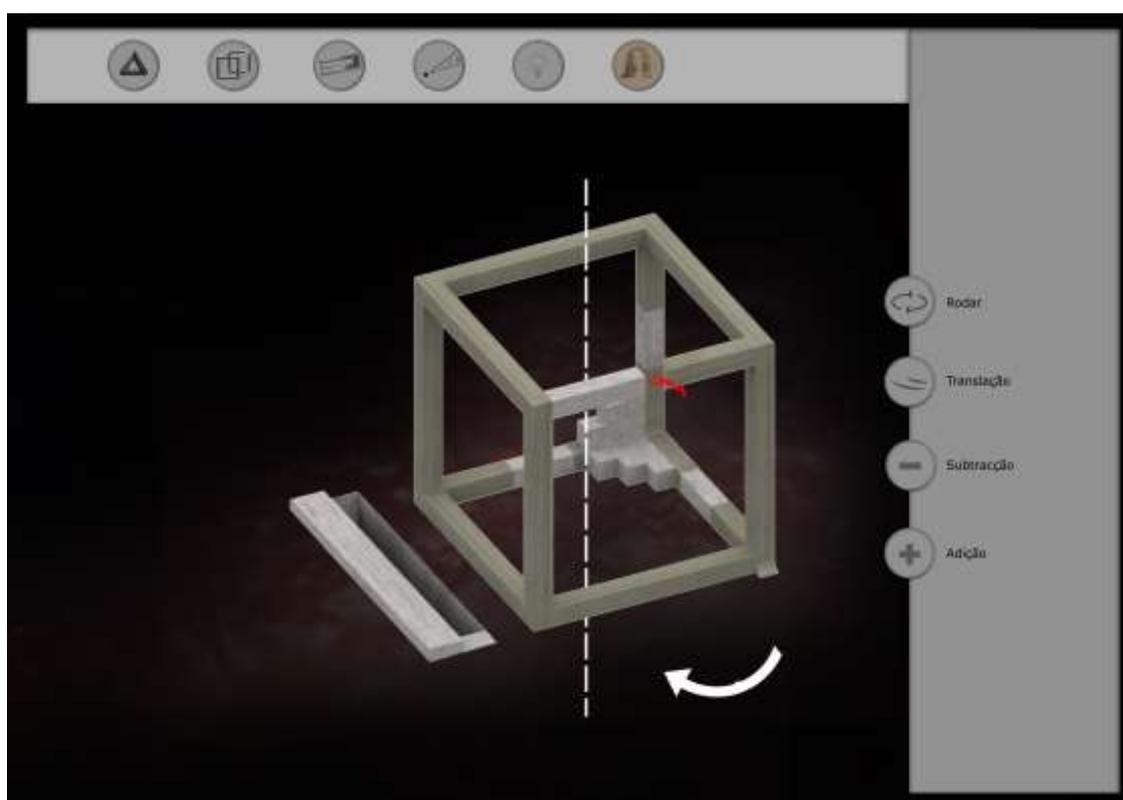
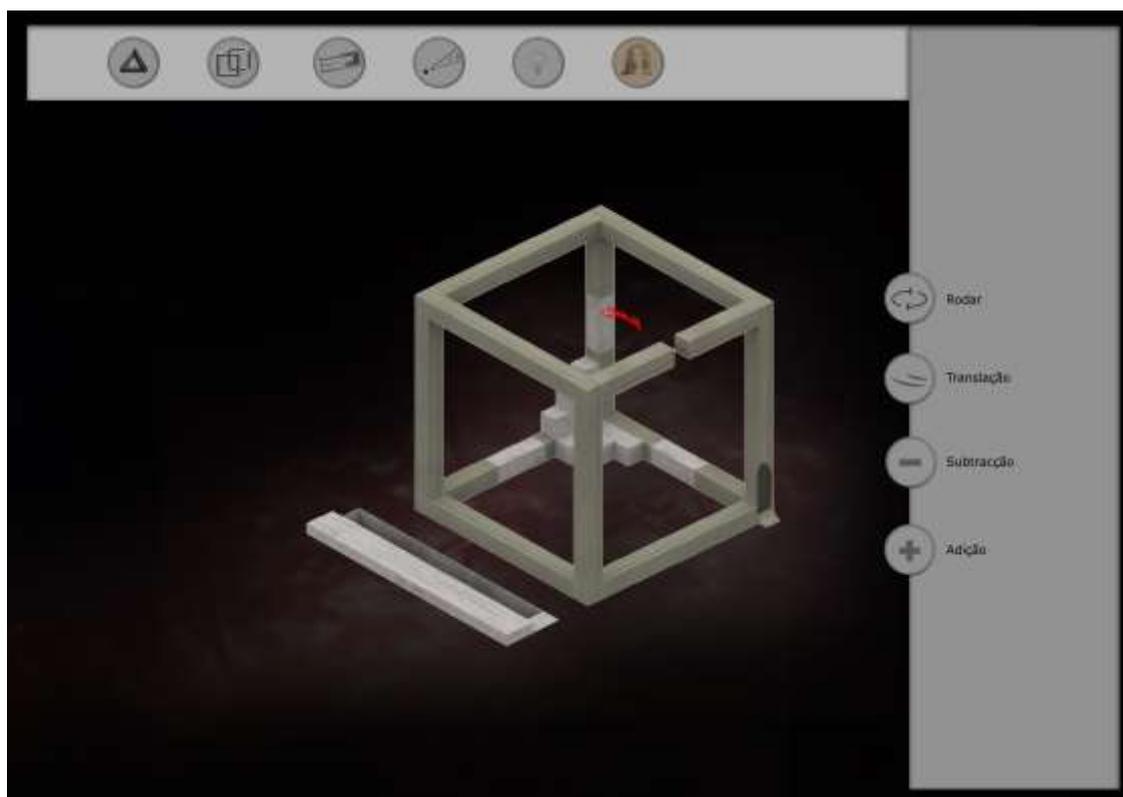


Figura 122 - Movimento no espaço através da rotação de elementos arquitectónicos

O acompanhamento das imagens da figura 119, 120, 121 e 122, fornece-nos uma melhor compreensão do assunto em questão.

Concluídas as rotações das arestas, somos obrigados agora a rodar todo o elemento arquitectónico de maneira a que este forme o Cubo de Necker, figura 122. Atingindo este objectivo, a personagem terá ainda mais uma rotação de uma aresta para conseguir atingir um botão que se encontra na parte superior do protótipo.

Ao chegarmos ao botão surgirão do espaço que se encontrava coberto com a tampa umas escadas. A personagem terá então de se deslocar na direcção das mesmas pois, no topo das mesmas encontra-se um botão amarelo, tal como podemos observar na figura 124.

Visualizando as imagens da figura 125 podemos constatar que quando a personagem entra em contacto com esse botão amarelo, surge uma plataforma no fundo das escadas. Na aproximação, e como a plataforma assume uma cor diferente, notamos que alguma transformação pode acontecer, neste caso a translação.

Após entrada no vão vai ser permitindo ao jogador continuar a deslizar a plataforma, que dará lugar a umas escadas que se apresentam com uma rotação de 180º em relação às que primeiramente apareceram, figura 126. Seguidamente a personagem sairá do mesmo vão usufruindo das escadas, mas desta feita, pelo seu interior como podemos ver na figura 127. De notar que no surgimento das segundas escadas, e no momento em que existirá a translação das mesmas para cima, as primeiras escadas farão um movimento contrário, ou seja descerão.

Nesta altura surge então um botão na aresta esquerda mais afastada ao qual a personagem terá acesso pela subida das mesmas escadas, pois vai surgir uma altura em que o contacto das escadas com a aresta dará acesso a essa mesma aresta, figura 128.

Atingido o botão azul, e segundo as figuras 129 e 130 surgirá então a ilusão de óptica do Triângulo de Penrose. Esta acontece quando três arestas superiores alteram a sua cor e permitem então a transformação. Com a permissão para movimentar estas arestas, surge a rotação e a possibilidade de a personagem atingir um botão azul que se encontra na parte superior do protótipo.

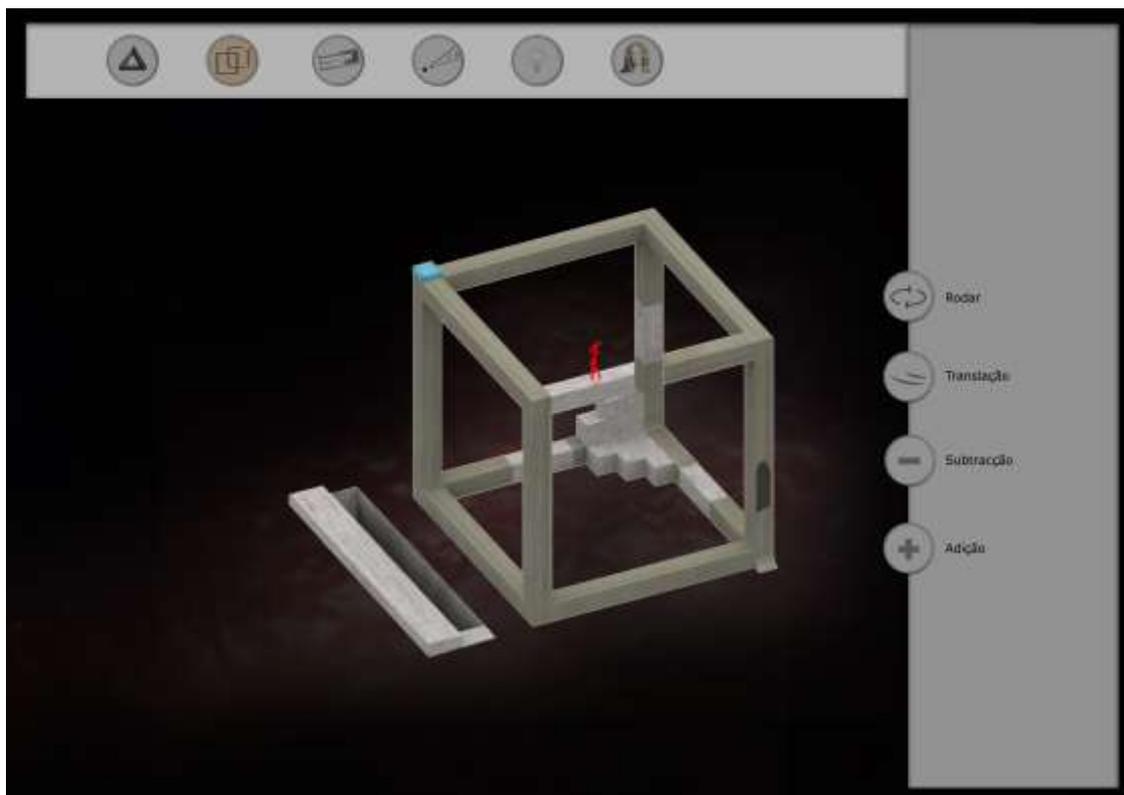
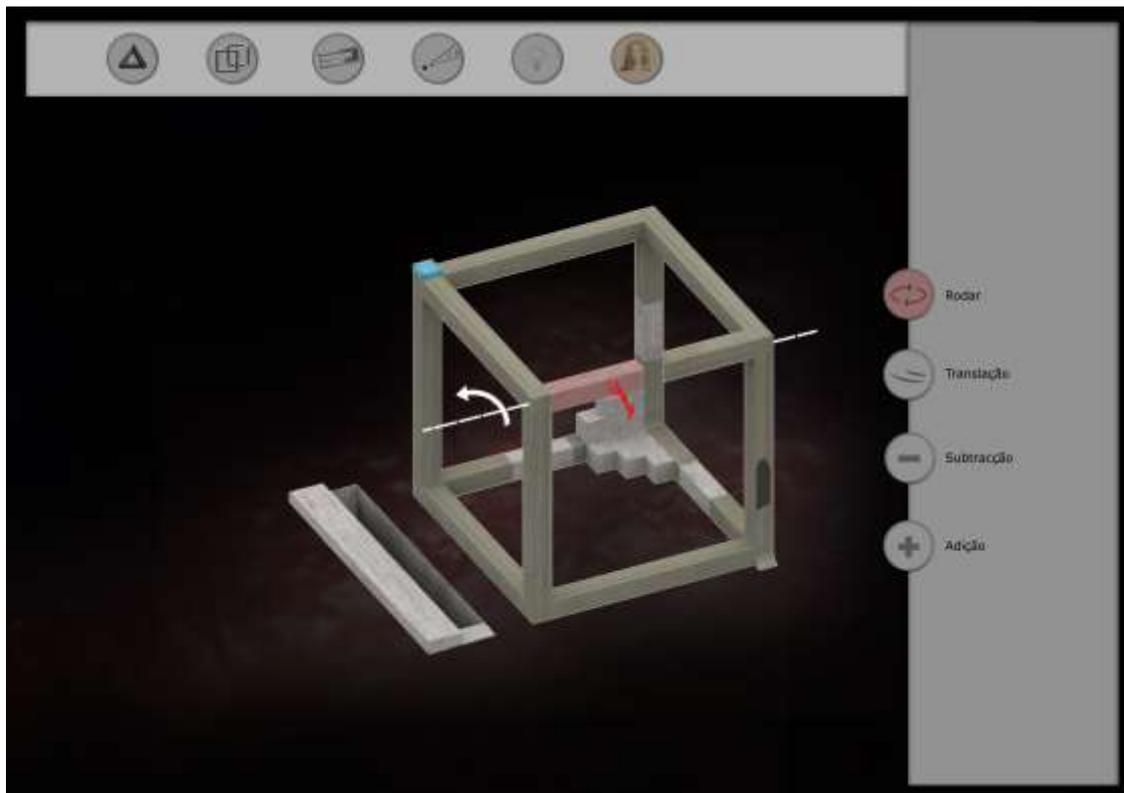


Figura 123 - Rotação de uma aresta

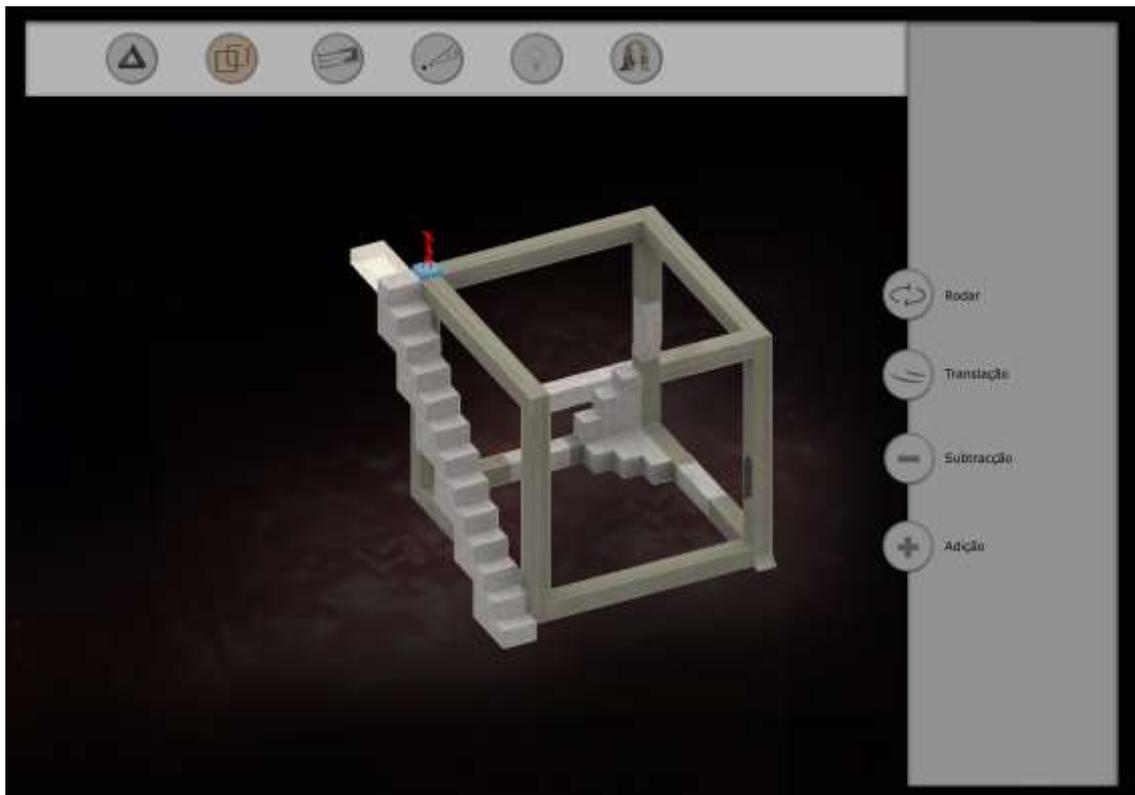
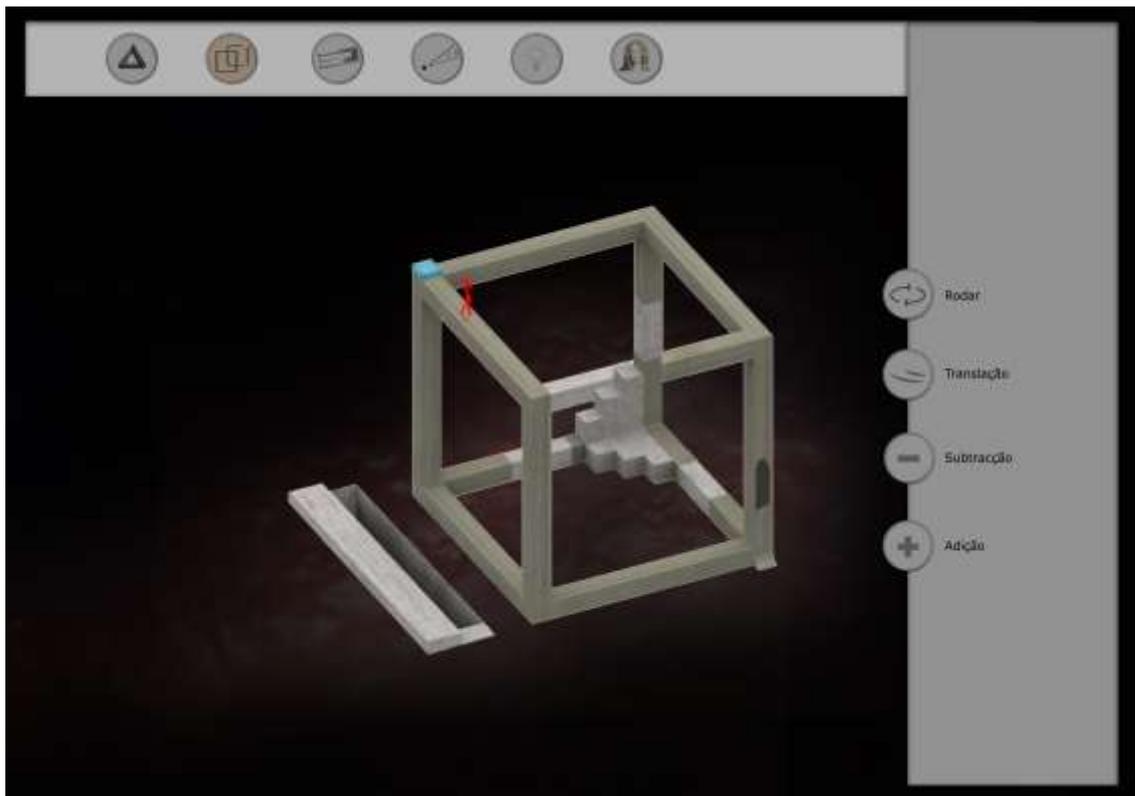


Figura 124 - Aparecimento das escadas

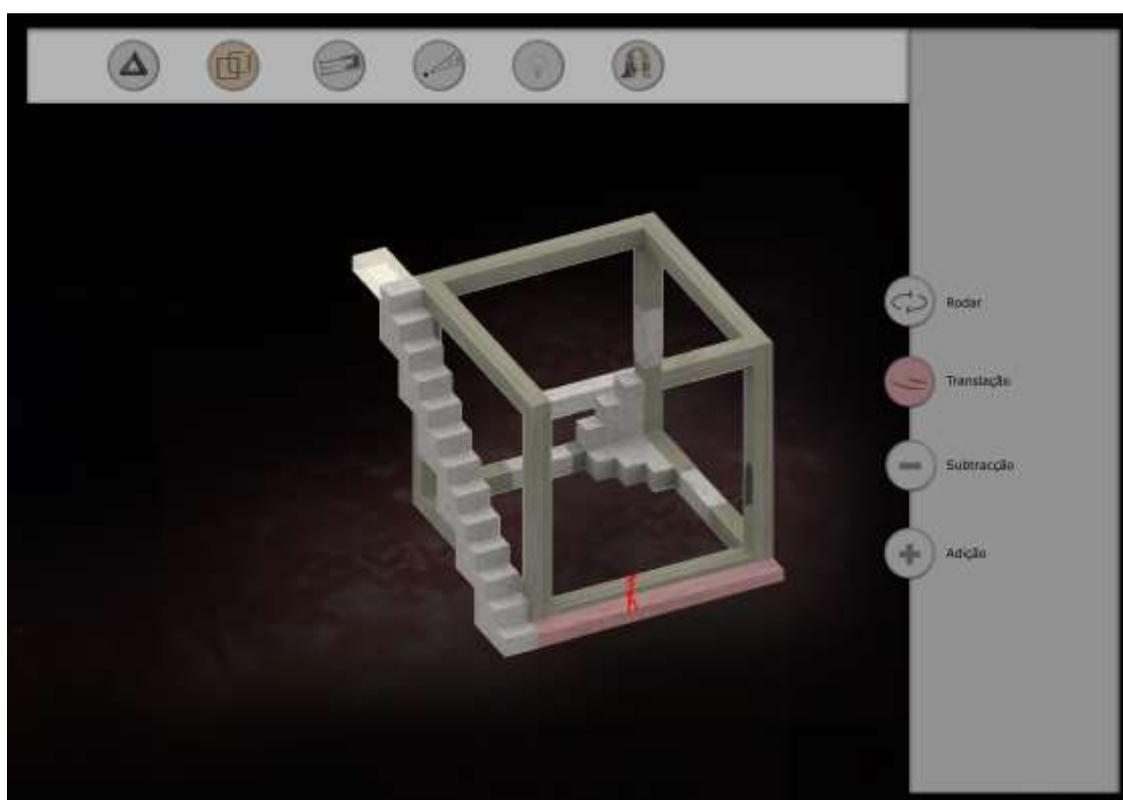
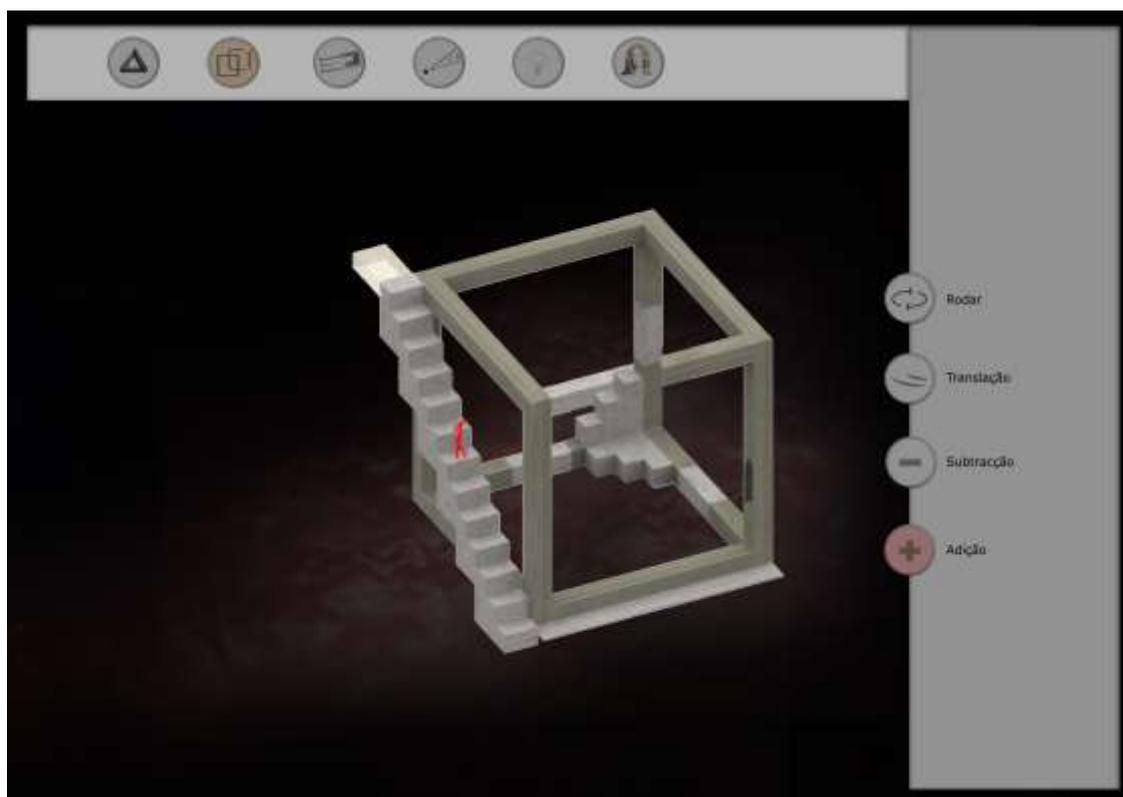


Figura 125 - Surgimento da plataforma

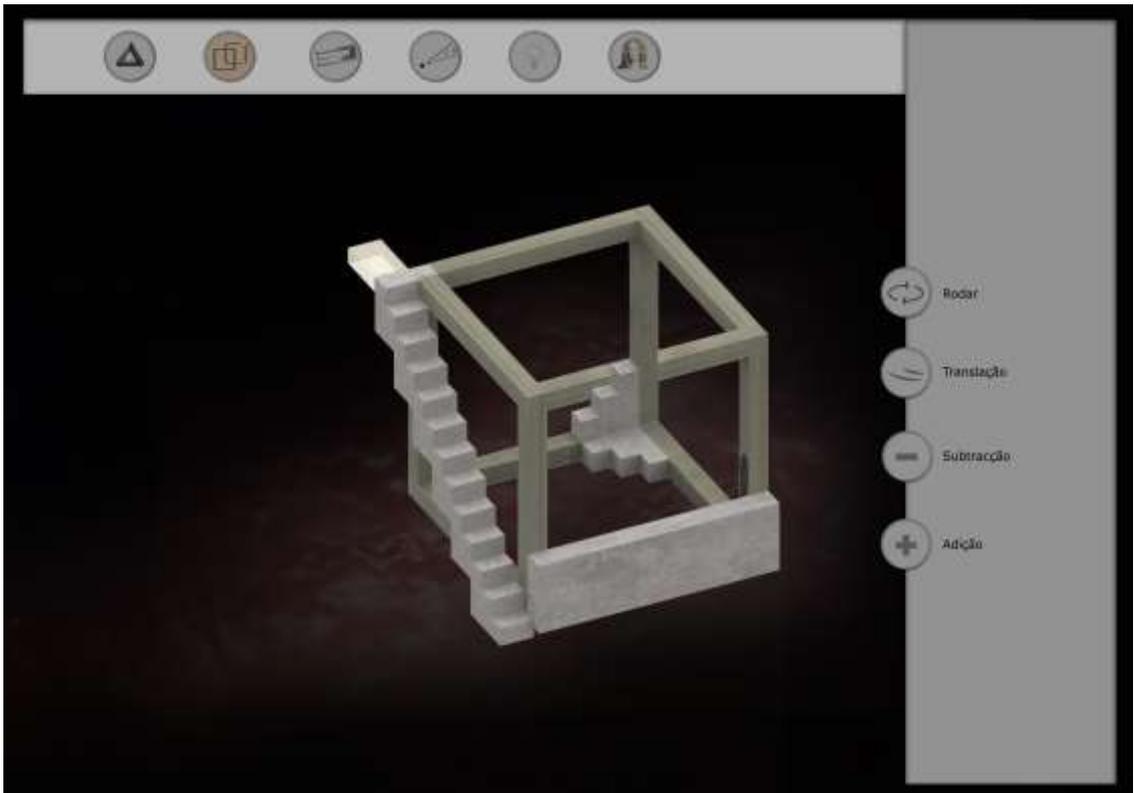
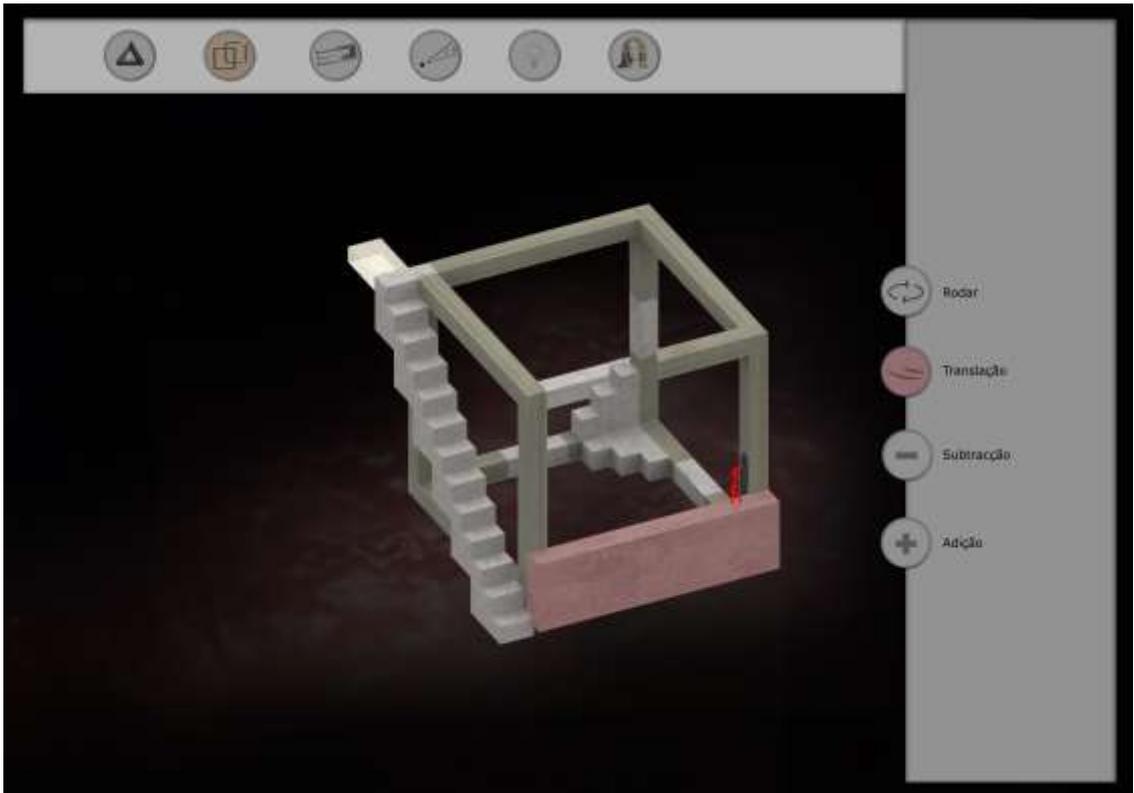


Figura 126 - Entrada da personagem para o vão

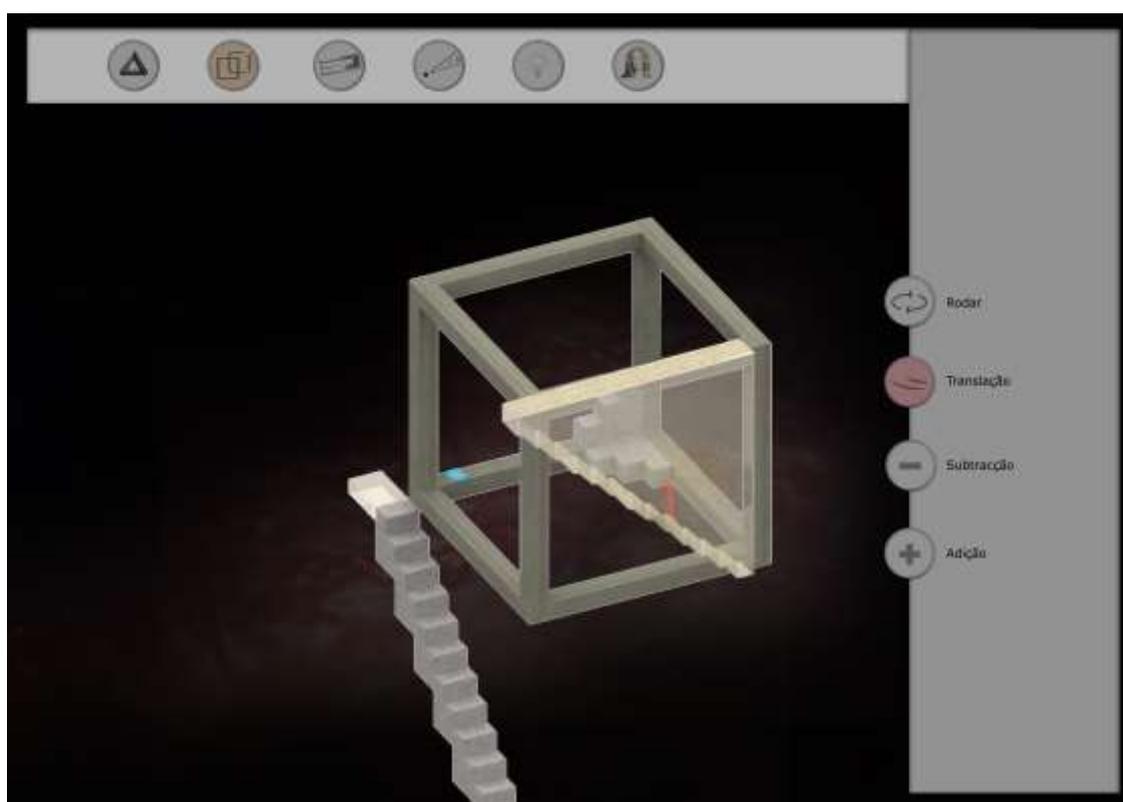
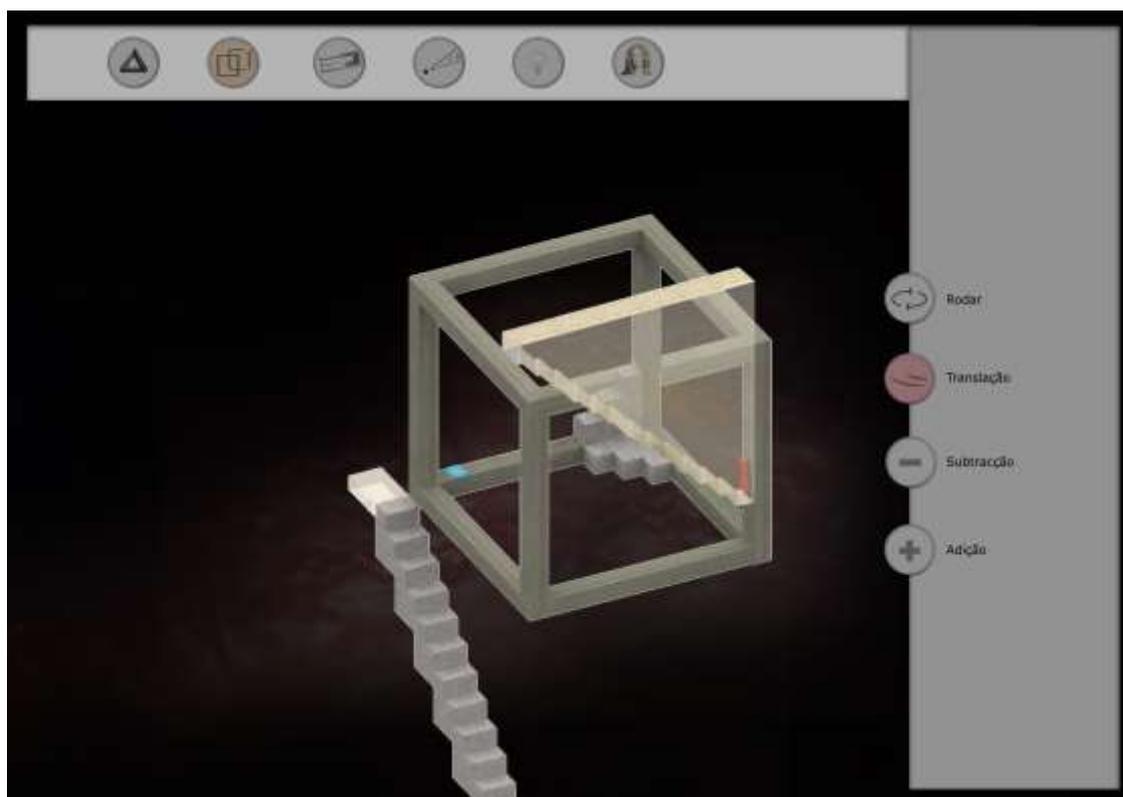


Figura 127 - Surgimento das segundas escadas

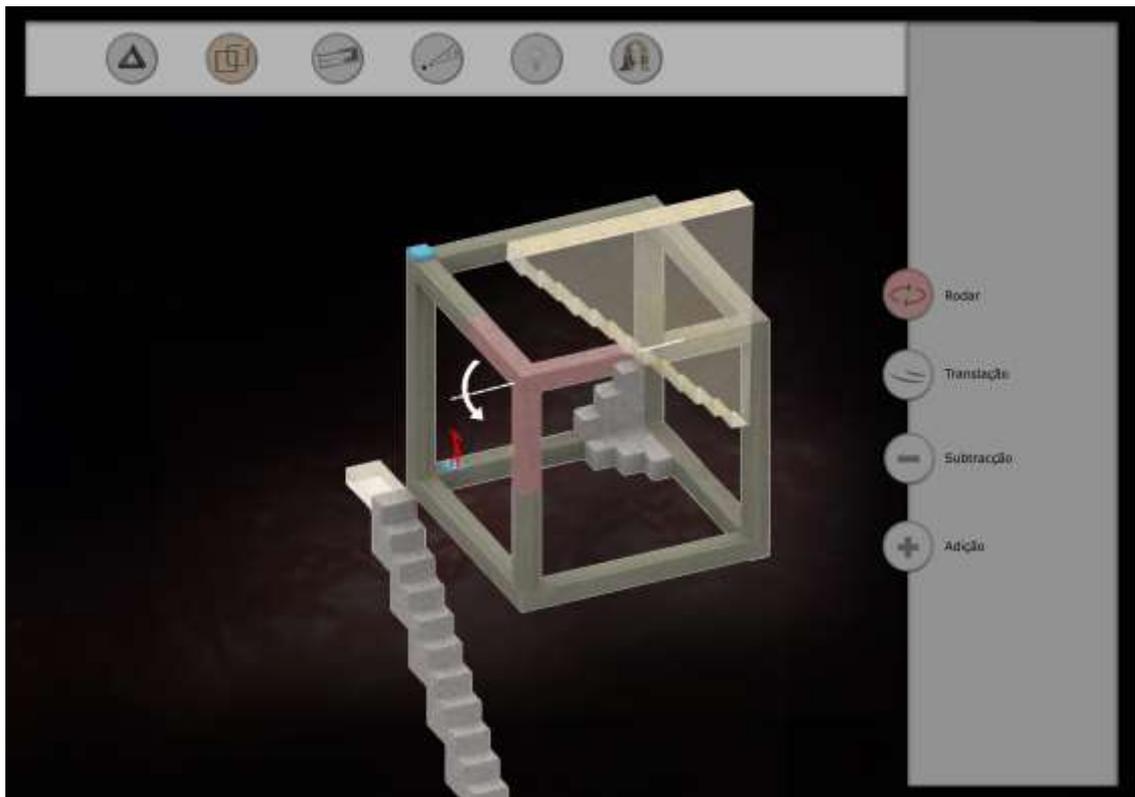
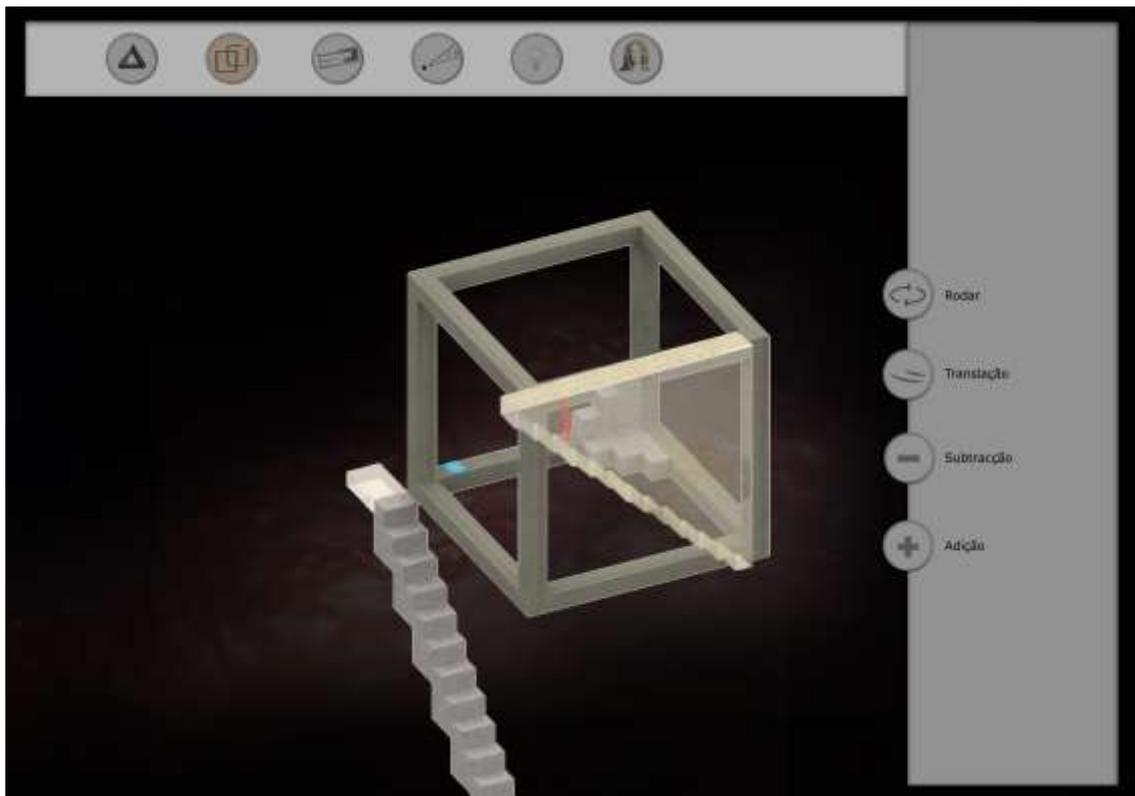


Figura 128 - Rotação que dará ao Triângulo de Penrose

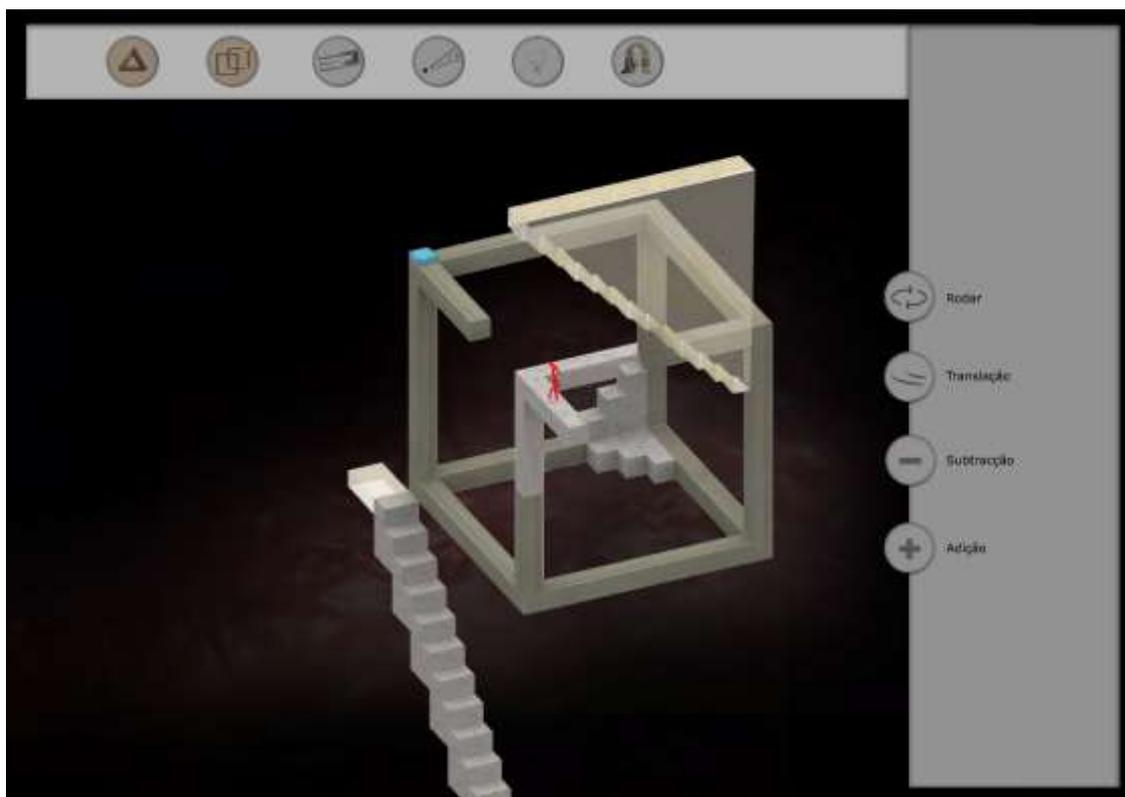
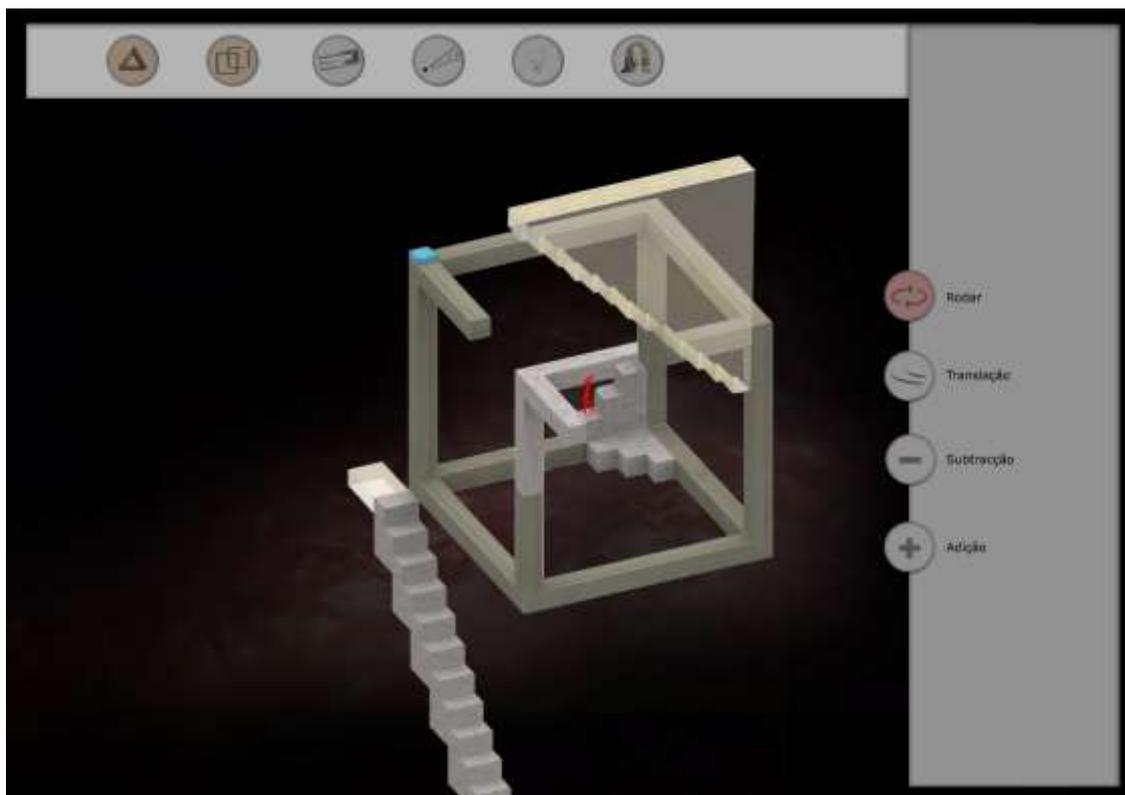


Figura 129 - Movimentação pelo Triângulo de Penrose

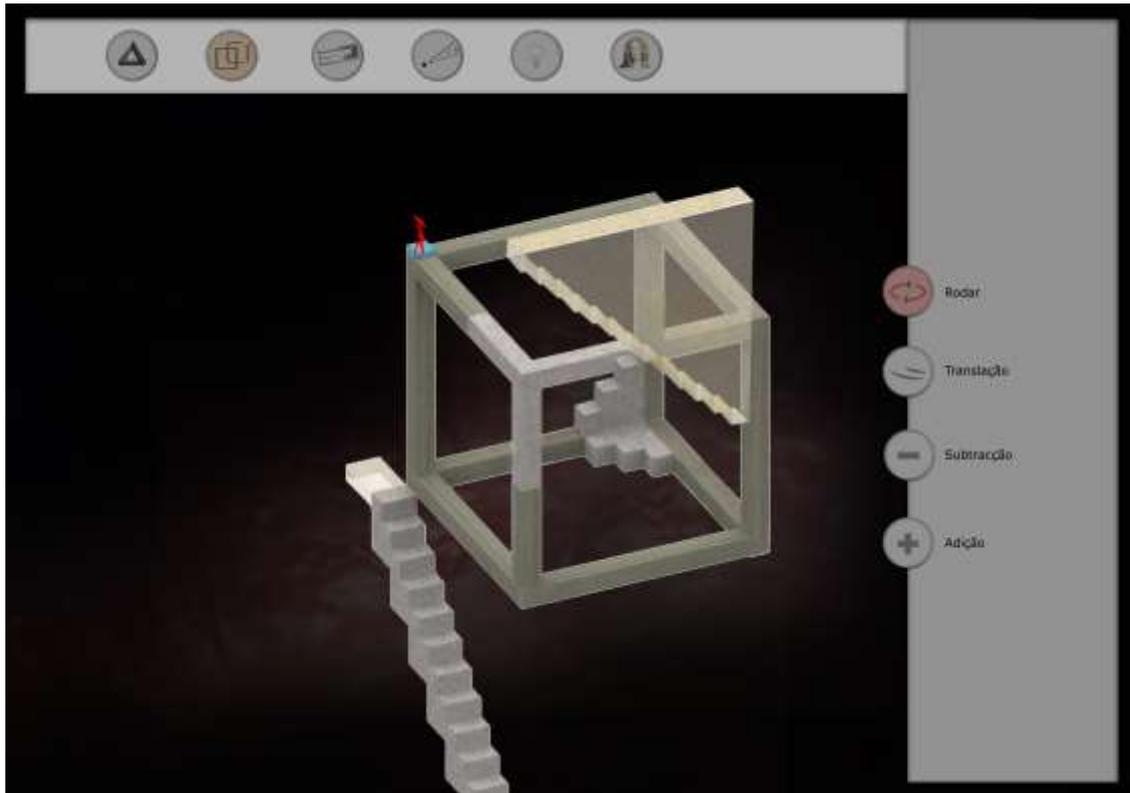


Figura 130 - Deslocamento até ao botão azul

A personagem consegue aceder ao Triângulo de Penrose subindo um patamar das escadas que lá se encontram e assim acedendo de imediato à aresta do Triângulo de Penrose. Deambulando pelas arestas, esta chega então ao botão superior que lhe vai permitir mais alterações.

O facto de a personagem andar sempre às voltas no mesmo espaço, surge como referência às obras de Escher, sendo o objectivo transmitir confusão ao espectador.

O contacto com o botão fará a alteração de uma das arestas do Cubo de Necker. Irão surgir adições e subtrações, sendo as adições a elevação do patamar da aresta e dois pilares entre os já existentes, e na subtração a anulação da aresta superior. Mas como o objectivo da personagem é atingir um dos botões que se encontra num dos pilares opostos, cabe ao jogador recorrer à translação e permitir que a personagem consiga prosseguir o seu caminho até ao desejado botão, figura 131.

Atingido o botão, o jogador terá agora de usufruir da translação para encontrar novas soluções para o jogo. Deslocando a personagem para os únicos elementos arquitectónicos que podem ser movidos, e recorrendo à translação, reparamos que ao deslocarmos os elementos para baixo, surge o Tridente Impossível, figura 132 e 133. Este Tridente impossível surge com dois vãos. A personagem, ao entrar num dos vãos e sair num outro oposto, terá então acesso a um botão que por sua vez vai permitir a rotação de um dos pilares do mesmo Tridente Impossível. Ao tocar neste mesmo botão o Tridente Impossível deixa também de existir.

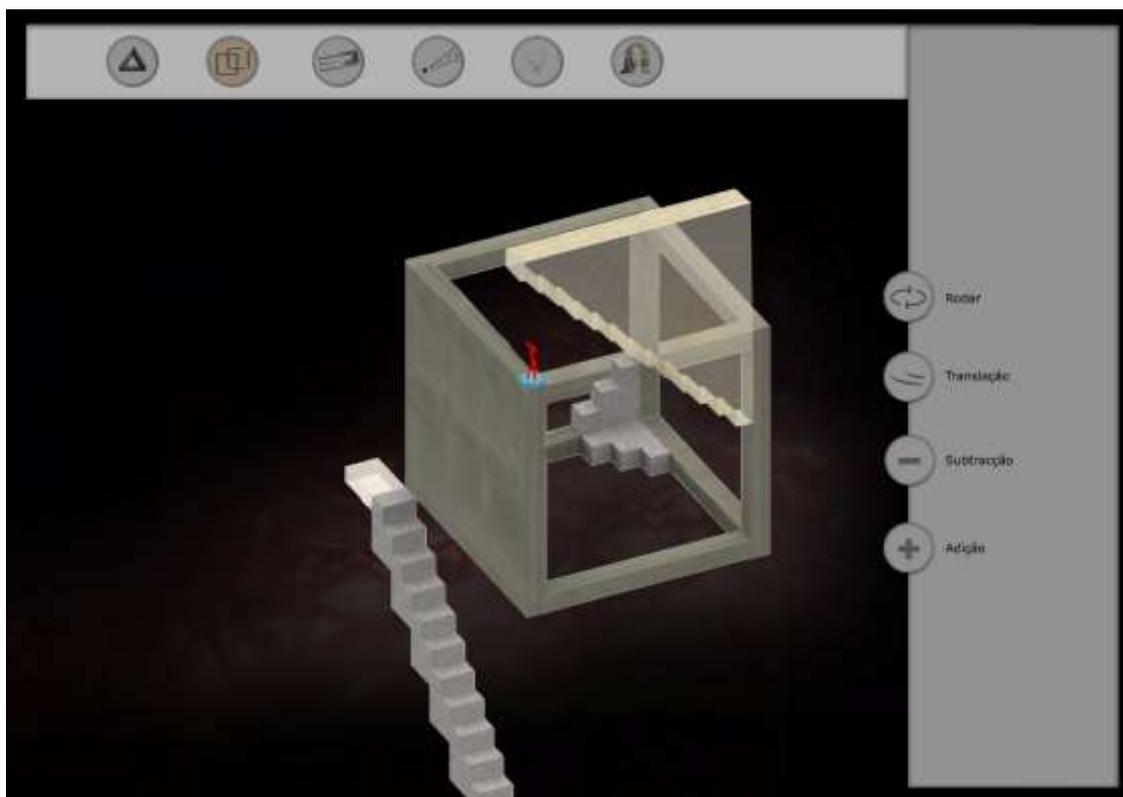
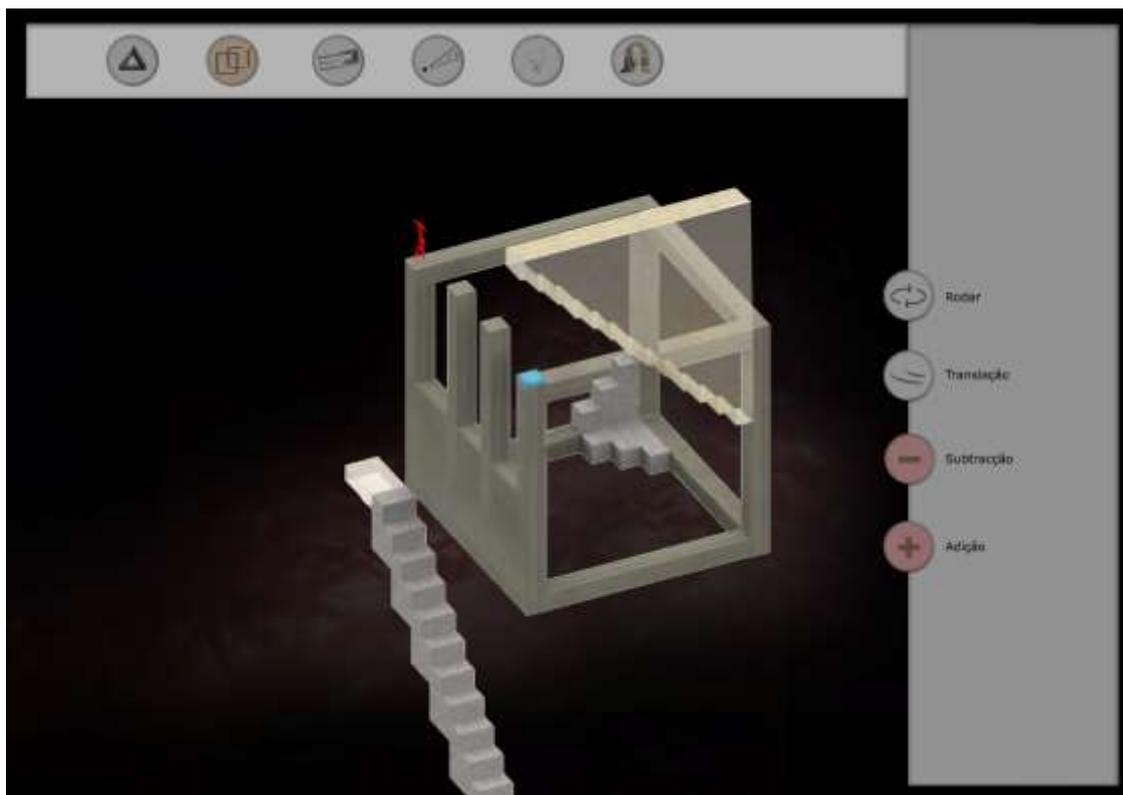


Figura 131 - Surgimento de novos elementos arquitectónicos

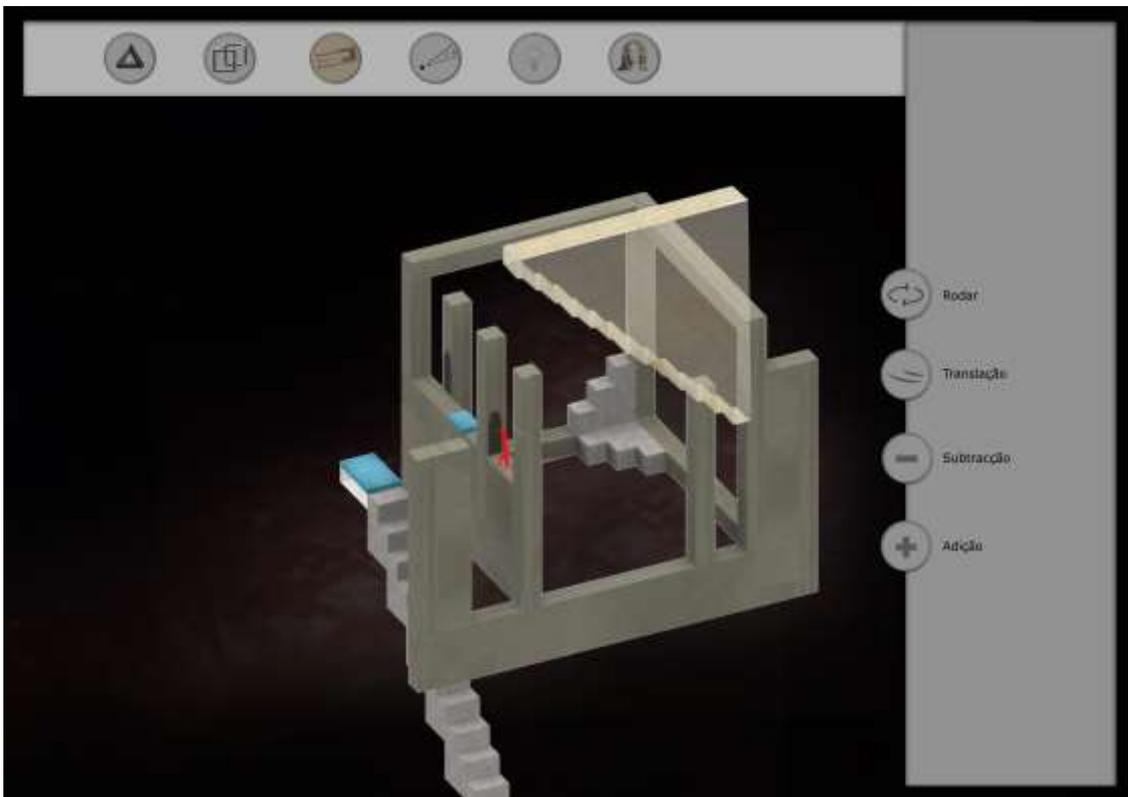
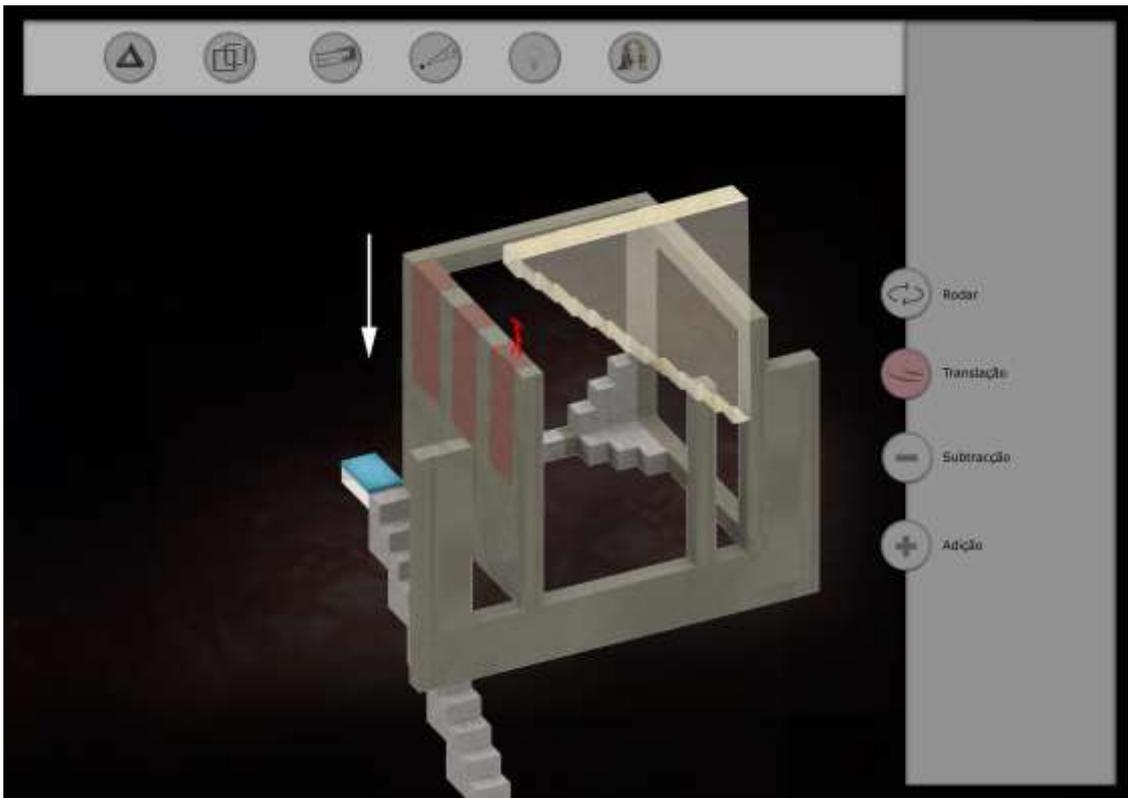


Figura 132 - Surgimento do Tridente Impossível

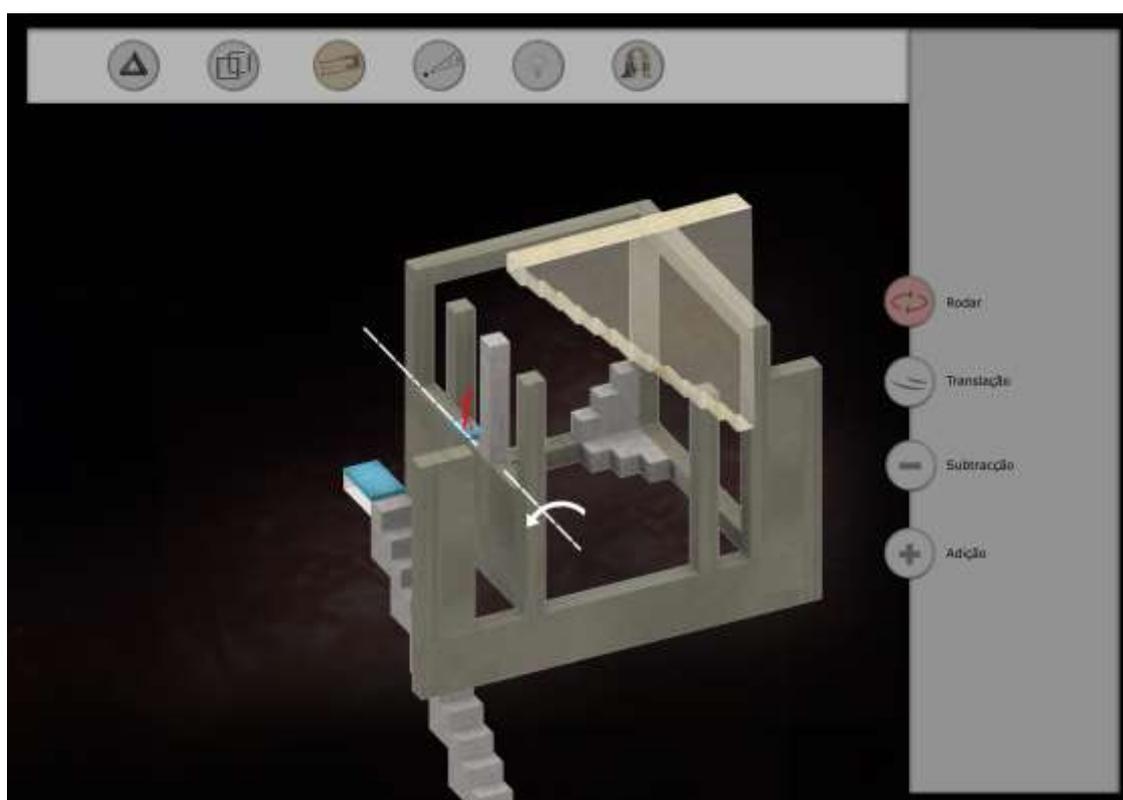
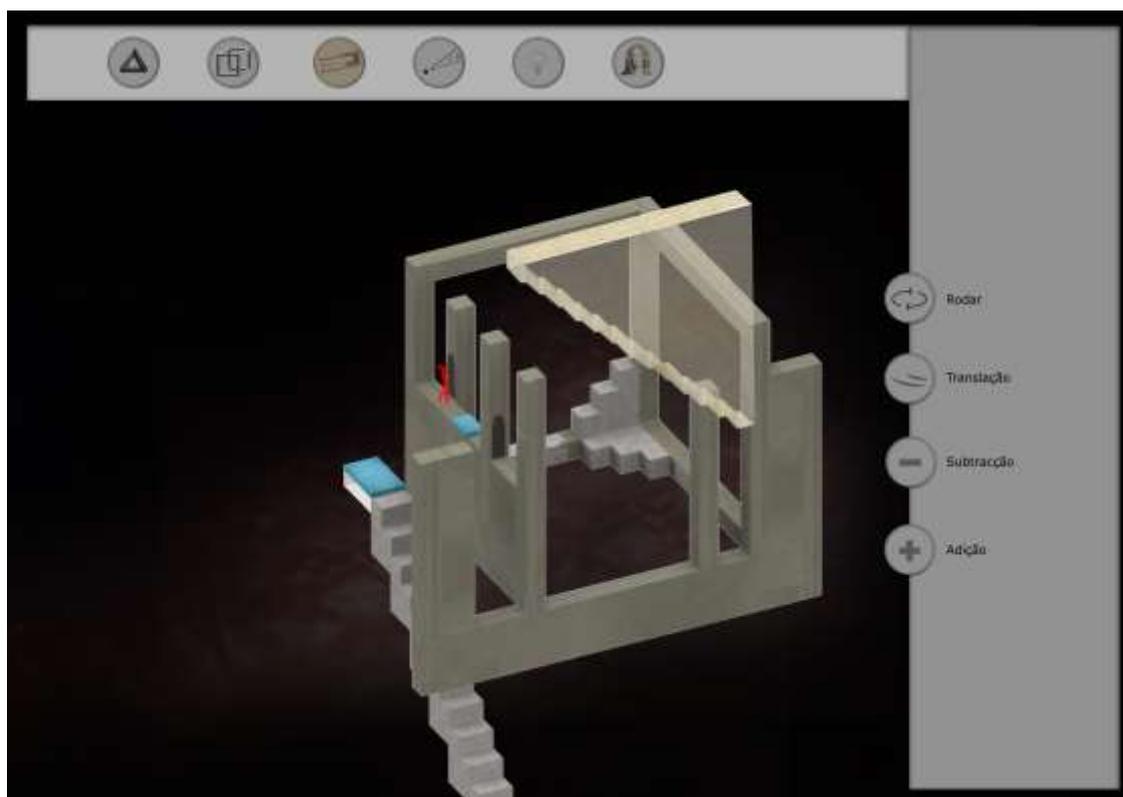


Figura 133 - Movimentação de elementos arquitectónicos

Com a rotação do pilar a personagem terá acesso às primeiras escadas. Aí existe um botão que irá transformar as paredes obtendo uma estrutura similar há House VI de Peter Eisenman, figura 134 e 135. O último pilar, por sua vez retoma a posição original e a personagem desce as escadas até ao infinito, desaparecendo, figura 136.

Ficando só o modelo arquitectónico, as paredes estruturais irão também desaparecer, ficando apenas as escadas numa alusão aos paradoxos que foram tratados neste trabalho, figura 137.

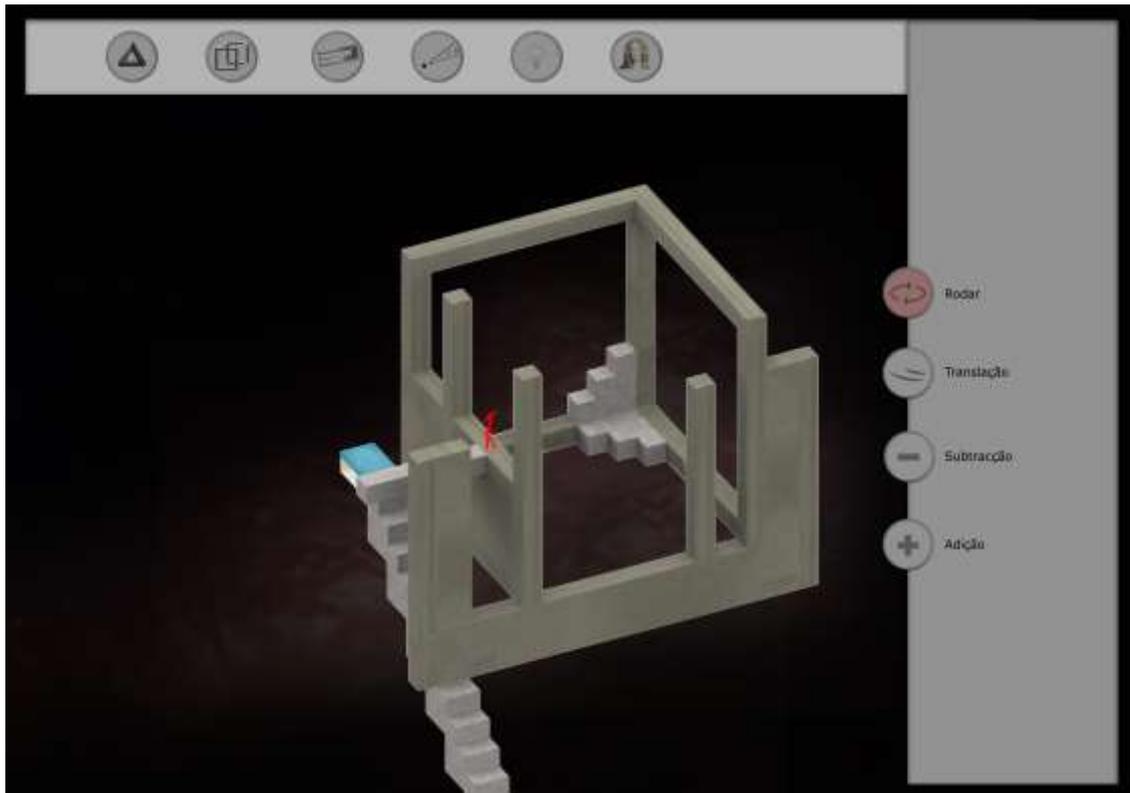


Figura 134 - Deslocação até às escadas

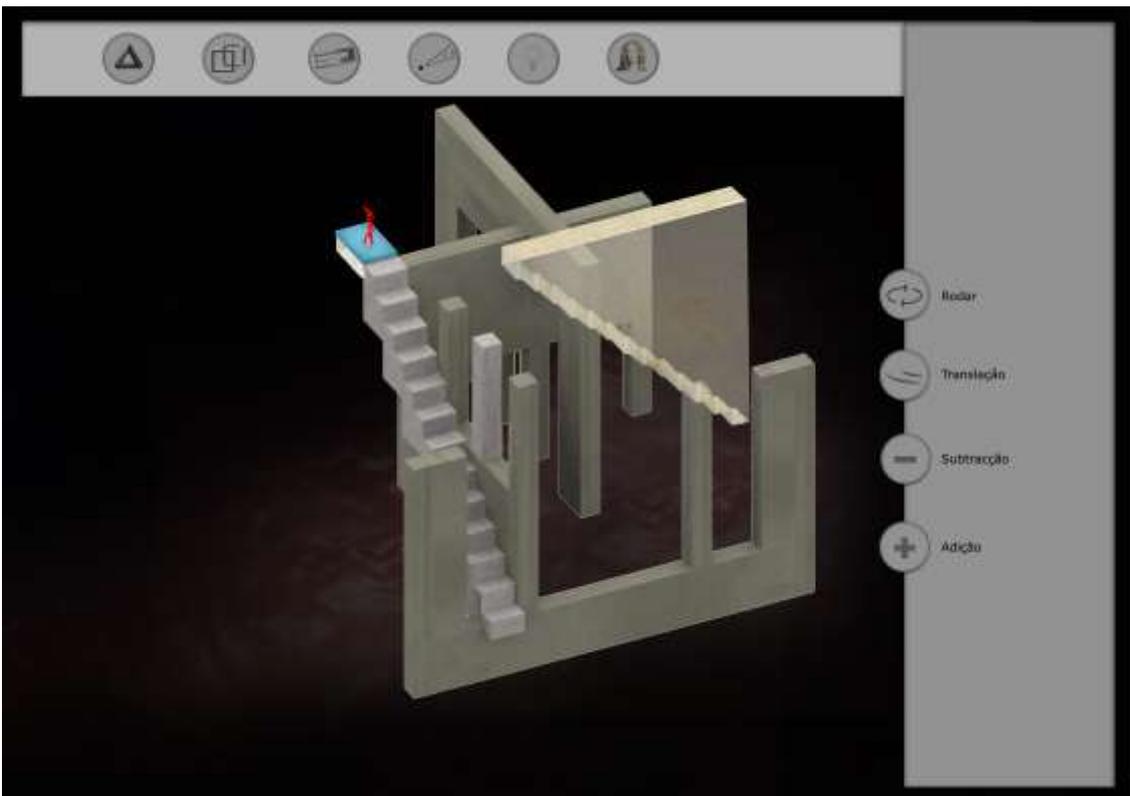
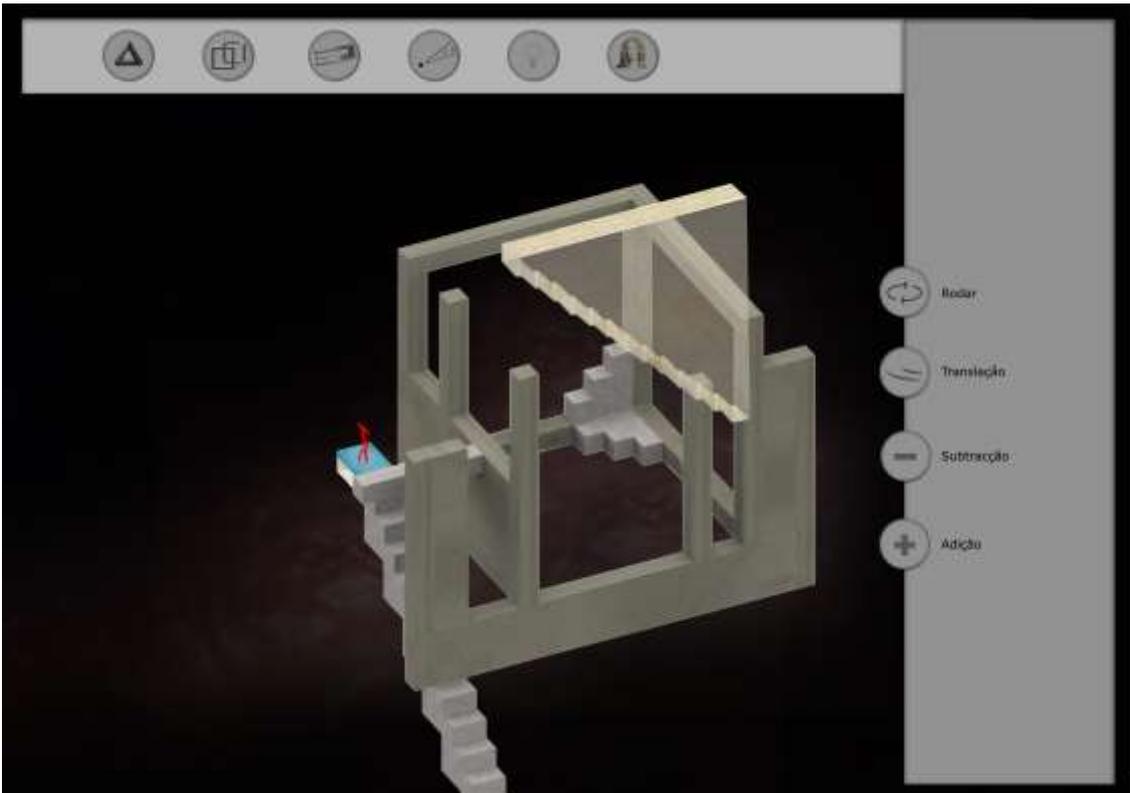


Figura 135 – Transformação das arestas

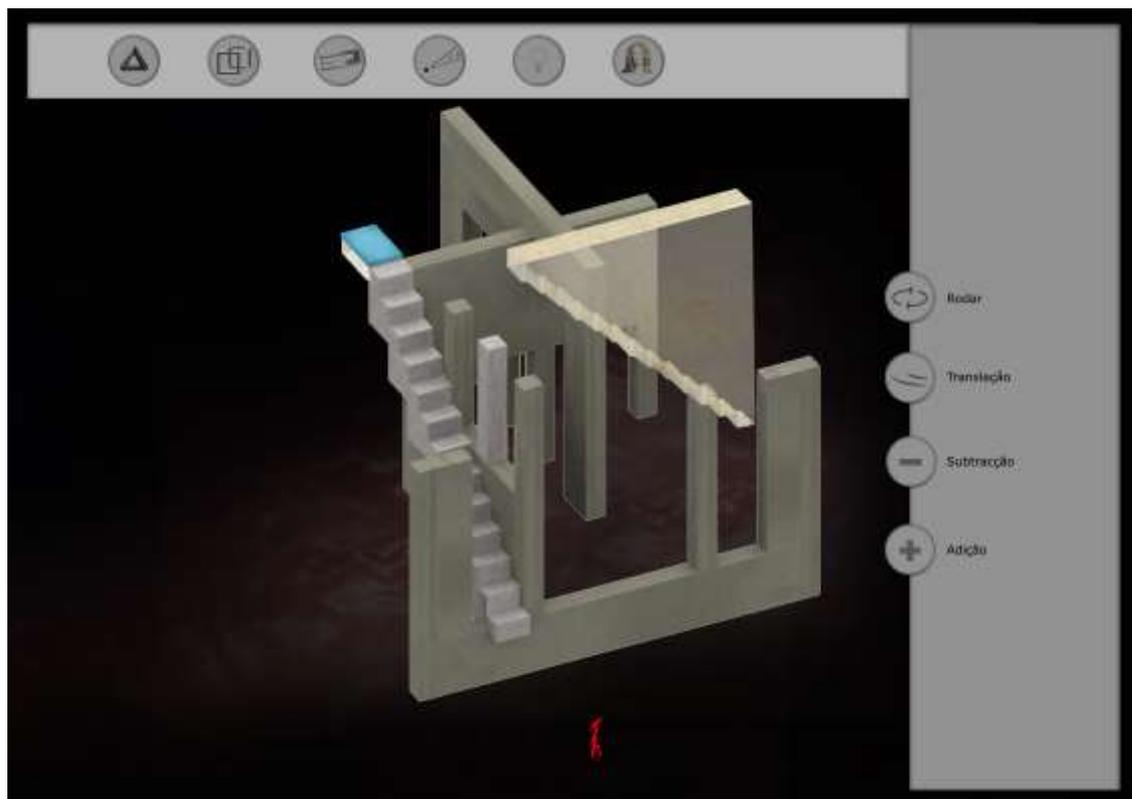
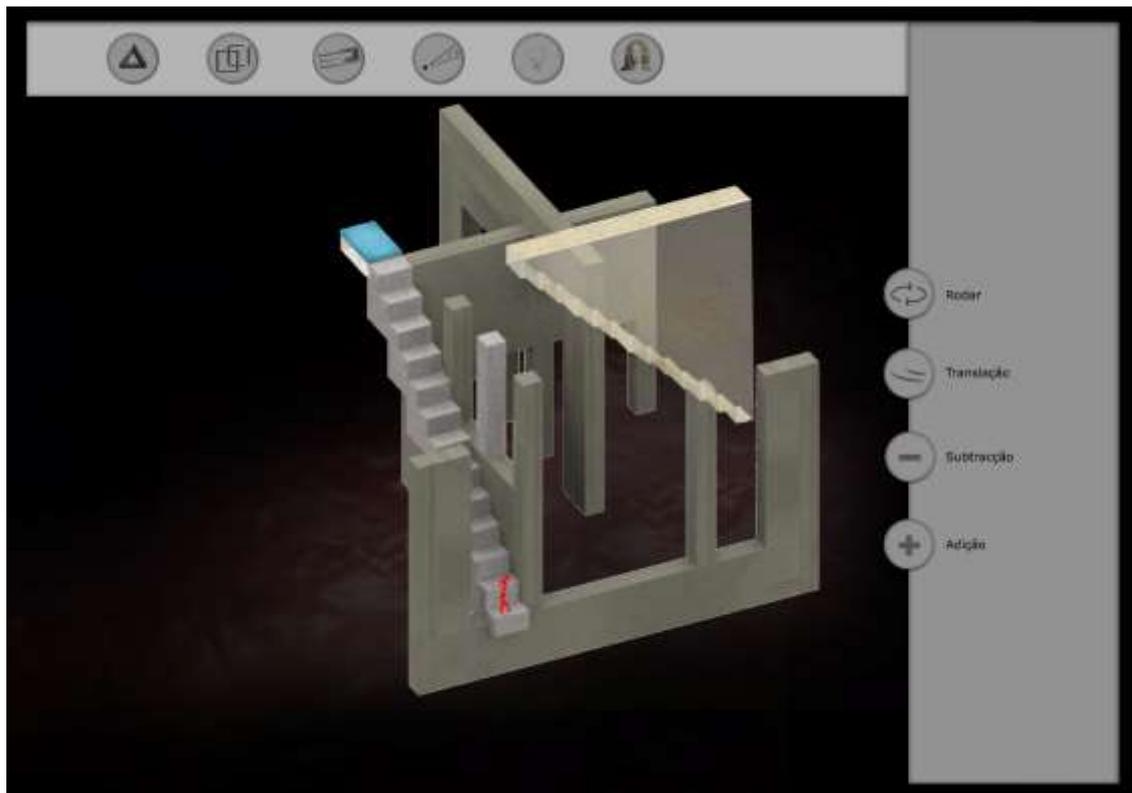


Figura 136 - Final do jogo

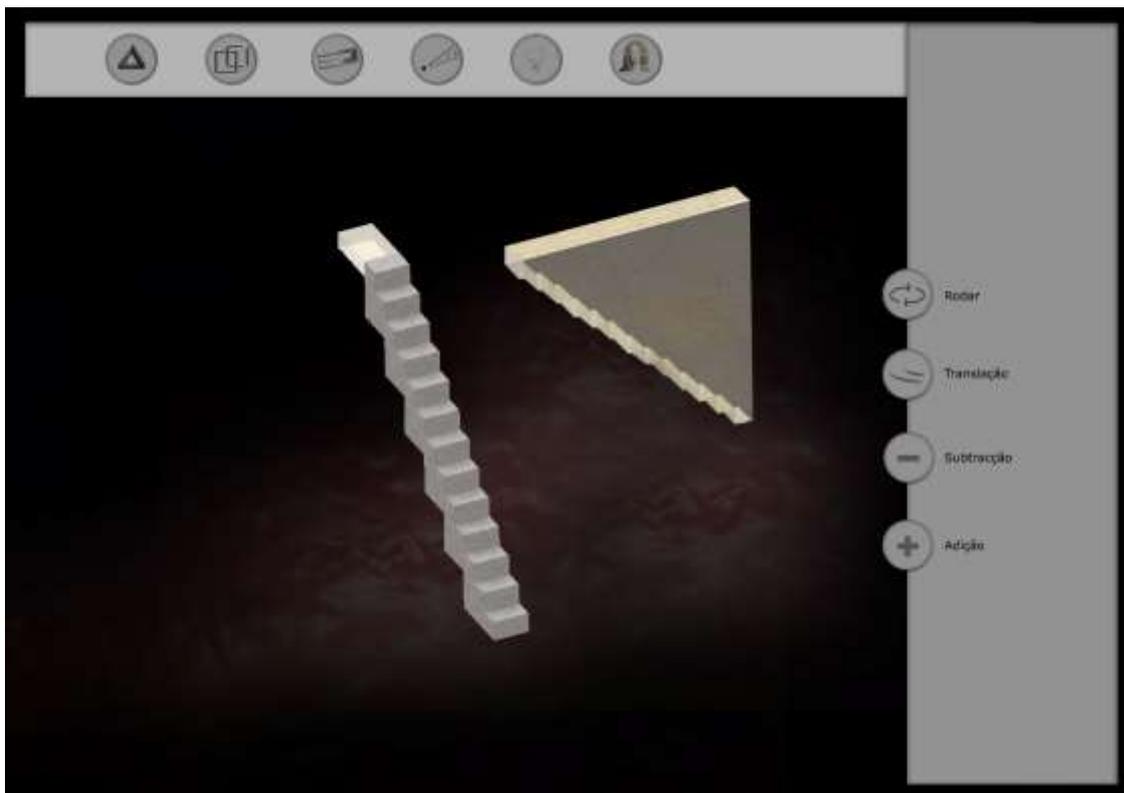
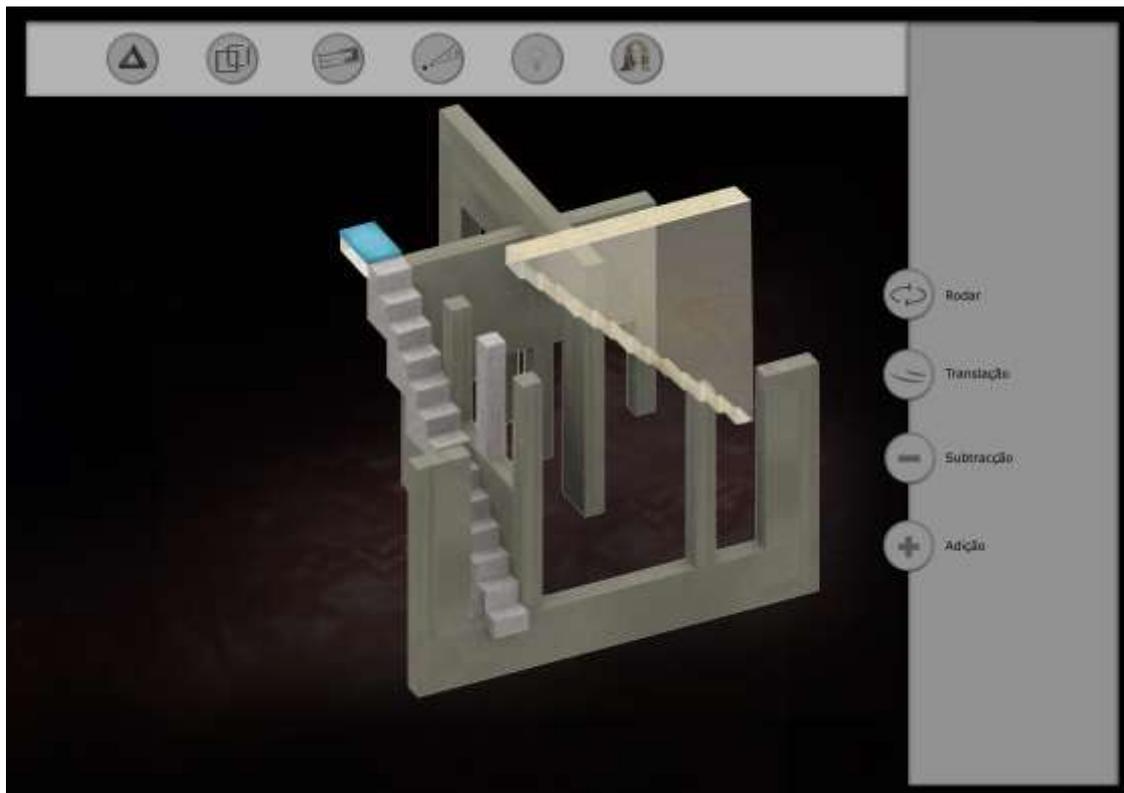


Figura 137 - Desaparecimento da estrutura e paradoxo das escadas

Assim, e já que as impossibilidades arquitectónicas não chegam até nós, porque não irmos nós de encontro a elas? Após execução deste protótipo que se movimenta por regras axonométricas, constatamos que podemos ter a experiência cognitiva e perceptual de explorar o espaço, navegando pela impossibilidade inacessível e conduzir-nos a um mundo fantasiado que nos leve a questionar sobre o porquê e o como de certas movimentações acontecerem.

O facto de existir uma personagem que é controlada pelo jogador, permite que o mesmo, pelo simples clicar em qualquer parte do espaço onde queira ir, deambule e disfrute do jogo. Mas para avançar no desenvolvimento do jogo, este vai ter de resolver enigmas, não muito complexos, pois o objectivo não foi criar um jogo difícil, mas sim conseguir mostrar, através do jogo, como pode ser aplicada a arquitectura impossível e as suas regras. O facto do espaço e da arquitectura serem minimalistas e claras passa também por esse pressuposto pois o propósito não foi centrar as atenções no complicado, mas sim na arquitectura, nas movimentações e nas manipulações.

O desenvolvimento deste protótipo não poderia deixar de estar ligado a Escher, este que foi o artista das ilusões de óptica. É notório o recurso às suas ideias e obras ao longo do protótipo. Estas, ainda que muitas das vezes não estejam implícitas, vão surgindo no seu desenvolvimento.

Da mesma maneira não podemos excluir o jogo Monument Valley, pois o estudo do mesmo trouxe uma visão da manipulação da arquitectura axonométrica tanto mais objectiva como mais pragmática. Ou seja, se por um lado entendemos a maneira como a empresa manipula a arquitectura, por outro o simples facto de nos questionarmos leva o subconsciente a reproduzir vários cenários/soluções possíveis.

Já o arquitecto Peter Eisenman, foi também importantíssimo no desenvolvimento destes desenhos, pois para além de este arquitecto se focar na transformação da arquitectura pelo desenho axonométrico, todos os elementos que neste jogo são movimentados, manipulados ou simplesmente que aparecem ou desaparecem, estão relacionados com os seus trabalhos, neste caso com a House II e a House VI.

A única história que acontece neste jogo é o facto de associarmos a personagem a Escher que está a descobrir a manipular a arquitectura de Eisenman, tal como fazia com as suas obras.

Assim, constatamos que qualquer pessoa pode criar uma ilusão no mundo virtual, basta para isso estudar as regras para conseguir que as ilusões perturbem a percepção do observador. No do objectivo manipulado neste trabalho, a manipulação da arquitectura é feita em perspectiva axonométrica, mas, por exemplo, a perspectiva cónica consegue também criar ilusões, basta para isso conseguir aplicar as regras adjacentes à mesma.

Assim, concluímos que é no navegar por este jogo que os enigmas vão aparecendo, estes que são feitos pela ilusão que a nossa percepção cria e ao resolver-los o jogo vai avançando. É a combinação de ilusão com o querer resolver os enigmas que irá levar-nos a disfrutar deste jogo.

5.3.1 DESENVOLVIMENTO DO PROTÓTIPO

Após apresentação do jogo que se ambiciona criar, identificar-se-á neste capítulo quais as ferramentas que idealizamos para conseguir desenvolver a ideia proposta, mais concretamente os *game engine*¹⁰³.

Num mundo digital cada vez mais competitivo, onde as empresas da indústria de modelação, animação e renderização surgem em massa, torna-se cada vez mais confusa a escolha do programa ideal.

Definidos os objectivos, as necessidades passaram a ser encontrar um programa que nos permita desenvolver a modelação de elementos arquitectónicos aliada ao posterior desenvolvimento de programação.

Assim, após pesquisas sobre qual seria o *game engine* mais adequado constatamos que o programa Blender, se apresentou com as características mais adequadas ao desenvolvimento deste protótipo.

O facto de ser um programa de intuitiva utilização foi um dos factores principais para a escolha, pois mostrou-se de simples execução nas modelações tridimensionais, no entanto, e dada a ausência de bases em programação, dificultou-se o caminho na utilização deste programa.

Neste sentido, a solução passou pela escolha do programa Rhinoceros pois, embora este não tenha capacidade para programar jogos, tem a funcionalidade de modelação tridimensional, e também se apresenta de simples utilização.

Deste modo, o protótipo foi desenvolvido no programa Rhinoceros, sendo que a parte da animação do jogo não se encontra reproduzida neste trabalho, tendo a ambição do desenvolver posteriormente quando a linguagem da programação tiver mais intrínseca.

¹⁰³ Motores de jogos, são os programas que nos permitem o desenvolvimento de jogos ou aplicações gráficas em tempo real.

6. CONCLUSÃO

Num mundo em que se torna cada vez mais acessível viajar, porque não viajarmos até à ilusão? Mas nenhuma viagem começa sem nos questionarmos de como e qual será o caminho.

Sendo o Homem um ser racional, este interroga-se sobre o que o rodeia, pondo a sua percepção e cognição em prática.

Este Trabalho Final de Mestrado levou-nos a viajar nesse mundo ilusório e perceber que o mundo só existe no momento em que o percebemos adquirindo o conhecimento cognitivamente. É através da percepção e da cognição de que algo existe que sentimos necessidade de nos relacionar a qualquer esse algo pois, caso não tenhamos ideia da existência do algo, ele simplesmente não existe, como dizia Virgílio Ferreira *“Conhecer é relacionar e o que se não relaciona não existe por si, ou seja, não existe”*.

O objectivo deste trabalho procurou ir de encontro à manipulação arquitectónica de maneira a perceber como esta interfere com o observador e como se consegue fazer uso da mesma. O aprofundamento destas questões, levou-nos ao entendimento entre Homem-estímulos e arquitectura-sensações.

A percepção e a cognição foram um dos principais estudos pois são estas acções que definem a maneira como o Ser Humano age. O Homem, enquanto Ser dos sentidos, descobre o espaço por estímulos, assimilando a informação pelos sentidos, e recebendo a informação que o vai fazer reconhecer o mundo.

Estudámos também a Gestalt, também conhecida como a teoria da forma, esta que se apresentou uma psicologia relevante para o trabalho pois ajudou-nos a perceber a forma e a maneira como, por vezes, a nossa percepção consegue de uma maneira muito simples e instantânea, compreender formas, que se formos analisar com atenção, e indo ao fundo da questão, não são o que efectivamente observamos. Assim, percebemos que a importância que a Gestalt representou para a formulação da ilusão de óptica.

A arquitectura, que também nasce de formas, surge como uma arte de estímulos. Esta ajuda-nos a criar espaços que queremos experimentar e descobrir. Através de um jogo de formas, texturas e cores somos capazes de criar ilusões em arquitectura, basta para isso seguir regras que nos permitem a sua manipulação.

Assim, procurámos desvendar as obras de Maurits Escher, relacionadas com a perspectiva axonométrica por meio de uma aproximação às possíveis ligações e examinando os tópicos de ilusão na arquitectura.

A interpretação das suas obras, levou-nos a um universo de significados, alguns deles ocultos nas próprias ilusões, onde descobrimos que muitas das suas obras são reflexo da necessidade do artista em transmitir o que sente. A ilusão surgiu em vários quadros, e em muitos apresenta-se como o foco principal de análise. Um dos factores que prende o observador às suas obras foi sem dúvida, o uso da manipulação do espaço.

Após análise dos seus trabalhos, e sendo a perspectiva um dos principais pontos de análise, procedemos inicialmente ao seu estudo numa forma geral e depois de uma forma particular relacionada com a perspectiva axonométrica.

Quem também fez uso da axonometria foi Peter Eisenman. O principal objectivo de estudo deste arquitecto evidenciou-se na capacidade com que este conseguiu transformar as suas casas pela movimentação de elementos arquitectónicos.

O estudo do jogo Monument Valley, que foi um dos principais fundadores da temática deste trabalho, fez-nos compreender de que maneira as manipulações arquitectónicas conseguem ser aplicadas no mundo digital, de uma simplicidade de jogo, a empresa USTWO, conseguiu criar enigmas complexos.

Após análise destes casos de referência, tornou-se importante encontrar as principais regras para uso da ilusão de óptica na manipulação da arquitectura, e perceber como poderíamos tirar partido delas.

Tornou-se essencial o estudo das regras em representação axonométrica e perceber a sua propensão para suportar as ilusões de óptica, pois a axonometria foi a perspectiva utilizada para a manipulação dos elementos arquitectónicos neste trabalho.

Na análise das regras mais importantes, dividimo-las entre regras gerais (ponto de vista específico, Luz e sombra, Movimentação no espaço arquitectónico) e regras específicas (Triângulo de Penrose, Tridente Impossível, Cubo de Necker). Assim, pelo uso destas regras foi possível, começar a deambular sobre espaços imaginados.

Para uso da axonometria e das suas transformações euclidianas como forma de exploração no projecto de arquitectura estudamos o trabalho de Eisenman e as consequentes transformações que este aplicou nas obras que desenvolve. Sendo que este arquitecto, no desenvolver das transformações, através da rotação, translação, adição, subtracção e outras regras da transformação, conseguia criar uma dinâmica entre os elementos arquitectónicos que tinha idealizados e as transformações espaciais que ia desenvolvendo. Eisenman conseguiu assim manipular as suas obras arquitectónicas segundo regras.

As House II e House VI, foram escolhidas devido às transformações a que o arquitecto as submete e serviram posteriormente de base para desenvolvimento do protótipo por meio da perspectiva axonométrica e onde o principal objectivo foi a aplicação das ilusões de óptica, através das regras aprendidas.

Para manipulação da arquitectura, torna-se essencial, perceber o efeito que se pretende criar sobre o utilizador, e quais as condições existentes, tais como a definição do espaço e elementos arquitectónicos existentes, para o desenvolvimento dessa ilusão, criando espaços únicos, atractivos, e confusos ao observador. O jogo desenvolvido apresenta um carácter determinista, muito embora as regras estudadas nos permitam desenvolver um jogo com soluções inesperadas.

Concluimos com este trabalho que a arquitectura e a ilusão podem unir-se de forma a provocar estímulos ao Homem, pela utilização de regras baseadas na manipulação do espaço possibilitando uma nova experiência ao observador.

Com o encerrar deste trabalho Final de Mestrado mantem-se um enorme desejo de, no futuro, proceder à criação do jogo que neste trabalho foi tão ambicionado, e ver posto em prática tudo o que foi estudado, tendo noção de todo o processo que engloba esse produto final.

Como trabalhos futuros para a continuação do desenvolvimento deste projecto pretende-se para além da implementação do jogo, reestruturando-o através destas regras como meio de produção de um jogo não determinista, ou seja, desenvolver o jogo, mas neste caso com acontecimentos que não são pré-determinados, acrescentando ainda uma possível escrita das regras por via de uma gramática da forma¹⁰⁴ como método de escrita das regras encontradas de acordo com um formalismo matemático rigoroso apto à aplicação computacional, mas sempre baseado na arquitectura de Peter Eisenman. Assim, conseguiria criar-se um jogo com soluções não tão objectivas.

¹⁰⁴ STINY, George – Shape: Talking about seeing and doing.

7. REFERÊNCIAS

7.1 BIBLIOGRAFIA

ABREU, Helena - Educação Artística - Ensino Liceal. Porto: Porto Editora, 1973.

ACEVEDO, Fernando – Escher y el arte imposible [Em linha]. Acta. 045, 2017. Disponível em: https://www.acta.es/medios/articulos/biografias_y_personajes/045061.pdf

ARNHEIM, Rudolf - Arte e Percepção Visual: uma psicologia da visão criadora. 2ªed. São Paulo: Pioneira, 1984.

BALDO, Marcus, HADDAD, Hamilton – Ilusões: Olho mágico da percepção [Em linha]. Revi Bras Psiquiatr, nº 25. São Paulo: Universidade de São Paulo, 2003. p. 6-11. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/rbp/v25s2/a03v25s2.pdf>

BERGSON, Henri - Matéria e Memória: Ensaio sobre a relação do corpo com o espírito. 2ª ed. São Paulo: MartinsFontes, 1999. ISBN: 85-336-101-1

BERRO, Roberto – Relações entre arte e matemática: Um estudo da obra de Maurits Cornelis Escher [Em linha]. São Paulo: Italiba, 2008. Dissertação de Mestrado. Disponível em: <http://livros01.livrosgratis.com.br/cp083264.pdf>

BRAMANTE, Donato. Arquitectura da ilusão. Porto: Dafne, 2006. p.132. ISBN 978999515929

BRILLEMBOURG, Carlos – Peter Eisenman. Volume 117.

COHN, David - Entrevista. In El Croquis: Peter Eisenman. Nº 41. 1989. ISSN: 0212-5683.

DUARTE, Rui – Arquitectura, representação e psicanálise. 2ª edição. Lisboa: Caleidoscópio, 2012. ISBN 9789896581497

EISENMAN, Peter - Afterword

EISENMAN, Peter – Cardboard Architecture: House II. New York: Oxford University Press, 1975.

EISENMAN, Peter – Feints. Milão: Skira Edifore, 2006

EISENMAN, Peter – House of Cards. New York: Oxford University Press, 1987.

EISENMAN, Peter – House X. New York: Rizzoli International Publications, Inc, 1982.

EISENMAN, Peter – The Formal Basis of Modern Architecture. Lars Muller Publishers, 2006.

ESCHER, Maurits - Gravuras e Desenhos M.C. Escher: trad. Maria Gonçalves-Koller. Koln: Taschen, 2008. ISBN 9781435118584

ERNST, Bruno – O espelho mágico de Escher. Koln: Evergreen, 1991. ISBN: 3822876852

ENGELMANN, Arno – A psicologia da Gestalt e a ciência empírica contemporânea. Volume 18, 2002.

FERNANDES, Francisco – Dicionário Ilustrado da Língua Portuguesa. Volume 2. Lisboa: Editora Globo e Editorial Verbo, 1998.

FERNANDES, Francisco – Dicionário Ilustrado da Língua Portuguesa. Volume 3. Lisboa: Editora Globo e Editorial Verbo, 1998.

FILHO, João – Gestalt do objeto. 8ª edição. São Paulo: Escrituras, 2008.

FOUNTOULAKIS, Konstantinos; MAGIRIA, Stamatia; PANAGIOTIDIS, Panagiotis; KANTARTZIS, Sotiris; TERZOGLU, Vassiliki; ORAL, Timucin - A standardized scoring method for the copy of cube test, developed to be suitable for use in psychiatric populations. *Annals of General Psychiatry*, 2011.

GARCIA, Luis; FIALHO, Valeria – Forma e função das casas de Peter Eisenman.

GOLDSTEIN, Bruce. *Blackwell Handbook of Perception*. Oxford: Blackwell Publishers Ltd. 2001

GOMBRICH, Ernst – *Meditations on a Hobby Horse: And other essays on the theory of art*. 1ª ed. Londres: Phaidon Press Limited, 1963.

GRAAFLAND, Arie – Peter Eisenman: The formal basis of modern architecture.

HAYK, Martirosyan, TRINARI, Diletta – Axonometry as representation of more than architecture: The perspective of Venice Biennale 2016.

HAYS, Michael - *Architecture Theory since 1968*. 1ª edição. Massachusetts: The MIT Press, 1998. ISBN 0262082616

HILL, Jonathan – *Actions of Architecture: Architects and Creative Users*. Routledge, 2003.

HOLANDA, Adriano – *Estudos em psicologia*. Volume 14, 1997.

LUDOVICO, Quaroni – *Proyectar un edificio: ocho lecciones de arquitectura*. Madrid.

MACGILLAVRY, Caroline – The symmetry of M. C. Escher's "impossible" images [Em linha]. *Comp. & Maths. With Appls*, Vol 12B, 1986. pp. 123-138. Disponível em: <https://core.ac.uk/download/pdf/81108984.pdf>

MARCUSCHI, Luiz – *Cognição, linguagem e práticas interacionais*. Rio de Janeiro: Lucerna, 2007.

MAGAGNATO, Licisco – A gênese do Teatro Olímpico. Volume 14. *Journal of the Warburg e Courtauld Intitutos*, 1951. [Consult. 12 Jan. 2019] Disponível em: <https://warburg.sas.ac.uk/published-volumes>

MARCOLLI, Attilio – *Teoria del campo: Corso di educazione alla vision*. Firenze: Soggetto, Arti Grafiche, 1971. p. 3-7.

MARQUES, Jorge – *As imagens do desenho: Percepção espacial e representação* [Em linha]. Porto: Universidade do Porto, 2006. [Consult. 19 Jan. 2019] Disponível em: https://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/77663/1/108306_043-7_82a_TM_01_P.pdf

MASSIRONI, Manfredo - Ver pelo Desenho. Edições 70, 2010. ISBN 97899724416113.

MATEUS, Luís – Geometria numa escola de arquitectos [Em Linha]. Lisboa: Faculdade de Arquitectura. Disponível em: http://home.fa.ulisboa.pt/~lmmateus/publicacoes/artitextos_01.pdf

MERLEAU-PONTY, Maurice – The film and the new psychology. Northwestern University Press, 1964. ISBN: 9780810101661

METZGER, Wolfgang – Laws of seeing. Cambridge, MA: The MIT Press, 2006. ISBN: 978-0-262-13467-5.

MEYER, Martin, MEYER , Lehrbuch der axonometrischen Projectionslehre (Leipzig: H. Haessel, 1855 – 1863).

MONTAGU, Ashley – Touching: The human significance of the skin. New York: Harper & Row, 1986.

NEGRÃO, Jaime. Utopia [Em linha]. E-topia: Revista Eletrónica de Estudos sobre Utopia, nº 2, 2004. [Consult. 5 de Jan. 2019] ISSN 1645-958X Disponível em: <http://www.letras.up.pt/upi/utopiasportuguesas/e-topia/revista.htm>

NEISSER, Ulrich – Cognitive Psychology. New York: Appleton Century Crofts, 1967.

OZGAN, Sibel; OZKAR, Mine – Playing by the rules: Design reasoning in Escher’s creativity [Em linha]. Rethinking Comprehensive Design: Speculative Counterculture, Proceedings of the 19th International Conference on Computer Aided Architectural Design Research in Asia. Kyoto: CAADRIA, 2014. Disponível em: http://papers.cumincad.org/data/works/att/caadria2014_218.content.pdf

PALLASMAA, Juhani – Habitar. Barcelona: Editorial Gustavo Gil, 2007. ISBN: 9788584520947

PALLASMAA, Juhani - The Eyes of the skin. 2ª edição. John Wiley and Sons inc, 2005. 978-0470015780.

PALLASMAA, Juhani - The Thinking Hand: Existential and Embodied Wisdom in Architecture. United Kingdom: John Wiley & Sons Ltd, 2009.

PEREIRA, José – A arquitectura na representação da arquitectura [Em linha]. Coimbra: Universidade de Coimbra, 2008. Prova Final de Licenciatura. [Consult. 5 Jan. 2019] Disponível em: <https://estudogeral.uc.pt/handle/10316/7397>

PERNÃO, João – A cor como forma do espaço definida no tempo: Princípios estéticos e metodológicos para o estudo e aplicação da cor em arquitectura e nas artes. Lisboa: Faculdade de Arquitectura, 2012. Tese de Doutoramento. Documento não publicado.

PESTANA, Rui – Os desenhos de Raimund Abraham: da utopia à distopia [Em linha]. Porto: Universidade do Porto, 2016. Dissertação de Mestrado. [Consult. 12 Jan. 2019] Disponível em: https://sigarra.up.pt/reitoria/pt/pub_geral.pub_view?pi_pub_base_id=159641

QUARONI, Ludovico - Proyectar un edificio: ocho lecciones de arquitectura, trad. Angel Sánchez Gijón [Em Linha]. Madrid: Xarait, 1980. Disponível em: <https://tallerdeteoriafau.files.wordpress.com/2012/05/2012-teoria-2-modulo-9-ficha-quaroni-leccion-1.pdf>

RASHID, Hani - Arquitetura Virtual: Espaço Real. Prototipo, vol.07. Lisboa: 2002.

RIEGL, Alois. Historical Grammar of the Visual Arts. Nova Iorque: Zone Books, 2004.

ROCK, Irvin – An introduction to perception. New York: Macmillan Publishing Co., Inc, 1975. ISBN: 9780024024909

RODRIGUES, Ana – O desenho: Ordem do pensamento arquitectónico. Lisboa: Estampa, 2000. P.87 ISBN 9789723316087

SAVRANSKY, Guillermo; DIMERMAN, Dan; GOTSMAN, Craig – Modeling and Rendering Escher: Like Impossible Scenes. Computer Graphics forum, Vol. 18, number 2, 1999.

SCHUSTER, Donald - A new ambiguous figure: A three-stick clevis. Volume 77. 1964.

SCOLARI, Massimo - Elementi per una storia dell'axonometria. Casabella, nº 500. Milão: Electra Editrice, 1984.

SEMPER, Gottfried - Style In the Technical and Tectonic Arts or Practical Aesthetics. Los Angeles: Getty Trust Publications, 2004. ISBN 9780892365975

STINY, George – Shape: Talking about seeing and doing.

STINY, George, MITCHELL, William – The Palladian grammar [Em linha]. Environment and Planning B, Vol 5, 1978. Disponível em: <http://users.metu.edu.tr/baykan/arch586/Readings/Layout/Stiny-Mitchell.pdf>

TAVARES, Domingos – Donato Bramante: Arquitectura da ilusão. Dafne. ISBN: 9789899515925

THEODORE, David – The limits of Digital Architecture: Interpretation versus Data. New York: Acadia, 2010. Disponível em: https://cuminCAD.architecture.net/system/files/pdf/acadia10_293.content.pdf

TJABBES, Pieter – O mundo mágico de Escher. São Paulo: Art Unlimited, 2014. ISBN 9788564170100

VIEIRA, Álvaro Siza - Imaginar a Evidência. Edições 70, 2012. ISBN 9789724413907

URBANO, Luís – Histórias Simples: Textos sobre a arquitectura e cinema. Porto: Amdjac, 2013. ISBN 9789899849419

<https://www.youtube.com/watch?v=z-dqzxYAYEO>

7.2 ICONOGRAFIA

PARTE 1

FIGURA 1 - <https://www.monumentvalleygame.com/mv2>

PARTE 2

FIGURA 2 - METZGER, Wolfgang – Laws of seeing. Cambridge, MA: The MIT Press, 2006. ISBN: 978-0-262-13467-5. p. 112;

FIGURA 3 - METZGER, Wolfgang – Laws of seeing. Cambridge, MA: The MIT Press, 2006. ISBN: 978-0-262-13467-5. p. 111;

FIGURA 4 - METZGER, Wolfgang – Laws of seeing. Cambridge, MA: The MIT Press, 2006. ISBN: 978-0-262-13467-5. p.3;

FIGURA 5 - METZGER, Wolfgang – Laws of seeing. Cambridge, MA: The MIT Press, 2006. ISBN: 978-0-262-13467-5. p.3;

FIGURA 6 - METZGER, Wolfgang – Laws of seeing. Cambridge, MA: The MIT Press, 2006. ISBN: 978-0-262-13467-5. p. 134;

FIGURA 7 - <https://www.linguagemvisual.com.br/gestalt.php>;

FIGURA 8 – <http://www.milaonasmaos.it/igreja-de-milao-e-seus-tesouros/>;

FIGURA 9 – <https://antoniomartinezmena.blog/2016/03/17/la-enfiladeo-enfilada/>;

FIGURA 10 – <http://oceanswebsite.com/Amesroom1.html>;

FIGURA 11 – <http://www.perceptionsense.com/2013/11/ames-room-explained.html>;

FIGURA 12 – ESCHER, Maurits - Gravuras e Desenhos M.C. Escher: trad. Maria Gonçalves-Koller. Koln: Taschen, 2008. p.92. ISBN 9781435118584; <https://www.dulwichpicturegallery.org.uk/about/press-media/press-releases/inception-harry-potter-and-m-c-escher-dulwich-presents-the-amazing-worlds-weekend/>;

FIGURA 13 – ERNST, Bruno – O espelho mágico de Escher. Koln: Evergreen, 1991. ISBN: 3-8228-7685-2. p.36;

FIGURA 14 – <https://www.mcescher.com/gallery/italian-period/atrani-coast-of-amalfi/>;

FIGURA 15 – ESCHER, Maurits - Gravuras e Desenhos M.C. Escher: trad. Maria Gonçalves-Koller. Koln: Taschen, 2008. p.27. ISBN 9781435118584;

FIGURA 16 – ERNST, Bruno – O espelho mágico de Escher. Koln: Evergreen, 1991. ISBN: 3-8228-7685-2. p.46; ESCHER, Maurits - Gravuras e Desenhos M.C. Escher: trad. Maria Gonçalves-Koller. Koln: Taschen, 2008. p.81. ISBN 9781435118584;

FIGURA 17 – ERNST, Bruno – O espelho mágico de Escher. Koln: Evergreen, 1991. ISBN: 3-8228-7685-2. p.45;

FIGURA 18 – ERNST, Bruno – O espelho mágico de Escher. Koln: Evergreen, 1991. ISBN: 3-8228-7685-2. p.73;

FIGURA 19 – ACEVEDO, Fernando – Escher y el arte imposible [Em linha]. Acta. 045, 2017. p. 67. Disponível em: https://www.acta.es/medios/articulos/biografias_y_personajes/045061.pdf;

FIGURA 20 – ERNST, Bruno – O espelho mágico de Escher. Koln: Evergreen, 1991. ISBN: 3-8228-7685-2. p.82;

FIGURA 21 – ESCHER, Maurits - Gravuras e Desenhos M.C. Escher: trad. Maria Gonçalves-Koller. Koln: Taschen, 2008. p.93. ISBN 9781435118584

FIGURA 22 – <https://ribeiraopretoculturaljaf.blogspot.com/2018/02/triangulo-de-penrose-roger-penrose-e.html>;

FIGURA 23 – Imagem editada pela autora, 2019;

FIGURA 24 – ACEVEDO, Fernando – Escher y el arte imposible [Em linha]. Acta. 045, 2017. p. 68. Disponível em: https://www.acta.es/medios/articulos/biografias_y_personajes/045061.pdf;

FIGURA 25 – ESCHER, Maurits - Gravuras e Desenhos M.C. Escher: trad. Maria Gonçalves-Koller. Koln: Taschen, 2008. p.92. ISBN 9781435118584;

FIGURA 26 – ERNST, Bruno – O espelho mágico de Escher. Koln: Evergreen, 1991. ISBN: 3-8228-7685-2. p.90;

FIGURA 27 – Imagem produzida pela autora, 2019;

FIGURA 28 – ACEVEDO, Fernando – Escher y el arte imposible [Em linha]. Acta. 045, 2017. p. 71. Disponível em: https://www.acta.es/medios/articulos/biografias_y_personajes/045061.pdf

FIGURA 29 – ESCHER, Maurits - Gravuras e Desenhos M.C. Escher: trad. Maria Gonçalves-Koller. Koln: Taschen, 2008. p.84. ISBN 9781435118584

FIGURA 30 – Imagem editada pela autora, 2019

FIGURA 31 – ESCHER, Maurits - Gravuras e Desenhos M.C. Escher: trad. Maria Gonçalves-Koller. Koln: Taschen, 2008. p.91. ISBN 9781435118584

FIGURA 32 - http://lounge.obviousmag.org/with_a_little_help_from_my_friends/2014/07/escher-quando-ate-a-gravidade-deixa-de-ser-real.html;

PARTE 3

FIGURA 33 – <https://fenix.tecnico.ulisboa.pt/downloadFile/3779571246789/IntrodTiposProj.pdf>

FIGURA 34 – <https://fenix.tecnico.ulisboa.pt/downloadFile/3779571246789/IntrodTiposProj.pdf>

FIGURA 35 – <https://fenix.tecnico.ulisboa.pt/downloadFile/3779571246789/IntrodTiposProj.pdf>

FIGURA 36 – <https://fenix.tecnico.ulisboa.pt/downloadFile/3779571246789/IntrodTiposProj.pdf>

FIGURA 37 – MATEUS, Luís – Geometria numa escola de arquitectos. Lisboa: Faculdade de Arquitectura.

FIGURA 38 – MATEUS, Luís – Geometria numa escola de arquitectos. Lisboa: Faculdade de Arquitectura.

FIGURA 39 – MATEUS, Luís – Geometria numa escola de arquitectos. Lisboa: Faculdade de Arquitectura.

FIGURA 40 – http://calculo.iq.unesp.br/sitenovo/Calculo1/tridi_coordenadas.html

FIGURA 41 – Esquerda: <https://www.archdaily.com.br/br/890522/edificio-academico-faculdade-de-artes-uc-fernando-perez-oyarzun-plus-jose-quintanilla-chala>; Direita: <https://www.archdaily.com.br/br/01-7249/casa-palmyra-studio-mumbai-architects/1275058011-exploded-axo/>

FIGURA 42 – <http://socks-studio.com/2017/04/06/axonometric-projections-as-a-project-drawings-by-alberto-sartoris/>

FIGURA 43 – <http://atelierrodolfocarvalho.blogspot.com/2013/01/o-desenho-de-leonardo-da-vinci.html?m=1>

FIGURA 44 – <https://www.archdaily.com.br/br/897435/micro-arquiteturas-40-grandes-ideias-para-pequenas-cabanasvan>;

FIGURA 45 – <https://www.moma.org/collection/works/232>;

FIGURA 46 – Esquerda: http://www.ilusionario.es/CONTEMPOR/bruno_ernst.htm; Direita: <http://poesiaabierta.blogspot.com/2008/06/imagenes-en-el-espejo-de-bruno-ernst.html>

FIGURA 47 – <http://divulgacionindie.blogspot.com/2009/11/construye-tu-propio-triangulo-imposible.html>;

FIGURA 48 – <http://divulgacionindie.blogspot.com/2009/11/construye-tu-propio-triangulo-imposible.html>;

FIGURA 49 – JOÃO, Pernão - A cor como forma do espaço definida no tempo: Princípios estéticos e metodológicos para o estudo e aplicação da cor em arquitectura e nas artes.

FIGURA 50 – https://www.shutterstock.com/pt/image-vector/completely-seamless-abstract-cube-pattern-black-620613746?fbclid=IwAR00NJV_DZ92CahGpvJ2K3NUb3hiSw3fah2KLn6XkPH_xBSjZqF-VowtCc

FIGURA 51 – À esquerda: <https://ribeiraopretoculturaljaf.blogspot.com/2018/02/triangulo-de-penrose-roger-penrose-e.html>; À direita: Imagem editada pela autora, 2019;

FIGURA 52 – Em cima: <https://www.illusionsindex.org/i/impossible-trident>; Em baixo: Imagem editada pela autora, 2019;

FIGURA 53 – Imagem produzida pela autora, 2019

FIGURA 54 - Imagem produzida pela autora, 2019

FIGURA 55 - <http://www.safalleida.com/index.php/categories/blocsafa/item/1051-1-3-contrast-and-homogeneity>

PARTE 4

FIGURA 56 - <https://www.youtube.com/watch?v=z-dqzxYAyE0>

FIGURA 57 - <https://www.archdaily.com/332438/ad-classics-la-muralla-roja-ricardo-bofill>

FIGURA 58 – Imagem editada pela autora, 2019

FIGURA 57 - <https://jp-lugaresfantasticos.blogspot.com/2013/10/poco-de-chand-baori-india.html>

FIGURA 58 - <https://www.monumentvalleygame.com/mv2>

FIGURA 59 - <https://jp-lugaresfantasticos.blogspot.com/2013/10/poco-de-chand-baori-india.html>

FIGURA 60 - <http://lifeison.com.br/o-incrivel-taj-mahal/>

FIGURA 61 – <https://www.monumentvalleygame.com/mv2>

FIGURA 62 – À esquerda: https://www.tripadvisor.com.br/LocationPhotoDirectLink-g187323-d617423-i171471103-The_Holocaust_Memorial_Memorial_to_the_Murdered_Jews_of_Europe-Berlin.html

FIGURA 63 – À esquerda: <http://theglasshouse.org/explore/monument-to-lincoln-kirstein/>; À direita: <http://www.cm-lisboa.pt/equipamentos/equipamento/info/monumento-a-azeredo-perdigao>

FIGURA 64 – <https://www.monumentvalleygame.com/mv2>

FIGURA 65 – <https://www.monumentvalleygame.com/mv2>

FIGURA 66 – <https://www.monumentvalleygame.com/mv2>

FIGURA 67 – <https://www.monumentvalleygame.com/mv2>

FIGURA 68 – <https://www.monumentvalleygame.com/mv2>

FIGURA 69 – <https://www.monumentvalleygame.com/mv2>

PARTE 5

FIGURA 70 – <https://eisenmanarchitects.com/House-II-1970>

FIGURA 71 – <https://eisenmanarchitects.com/House-II-1970>

FIGURA 72 – <https://eisenmanarchitects.com/House-II-1970>

FIGURA 73 – <https://eisenmanarchitects.com/House-II-1970>

FIGURA 74 – <https://eisenmanarchitects.com/House-II-1970>

FIGURA 75 – <https://eisenmanarchitects.com/House-II-1970>

FIGURA 76 – Imagem editada pela autora, 2019

FIGURA 77 – <https://eisenmanarchitects.com/House-II-1970>

FIGURA 78 – Imagem editada pela autora, 2019

FIGURA 79 – Imagem editada pela autora, 2019

FIGURA 80 – Imagem editada pela autora, 2019

FIGURA 81 – Imagem editada pela autora, 2019

FIGURA 82 – Imagem editada pela autora, 2019

FIGURA 83 – <https://www.archdaily.com/63267/ad-classics-house-vi-peter-eisenman?fbclid=IwAR0dxbtwWtDJO5eu7FyTO-y51G3127dZJScBQ9aqt2-bgiUjxN5eZyodFUQ>

FIGURA 84 - <https://www.moma.org/collection/works/82748>

FIGURA 85 - <https://www.moma.org/collection/works/82748>

FIGURA 86 – Imagem editada pela autora, 2019

FIGURA 87 - <https://www.moma.org/collection/works/82748>

FIGURA 88 – <https://www.moma.org/collection/works/82748>

FIGURA 89 - <https://www.moma.org/collection/works/82748>

FIGURA 90 – Imagem editada pela autora, 2019

FIGURA 91 – Imagem editada pela autora, 2019

FIGURA 92 – Imagem editada pela autora, 2019

FIGURA 93 – Imagem editada pela autora, 2019

FIGURA 94 – Imagem editada pela autora, 2019

FIGURA 95 – Imagem editada pela autora, 2019

FIGURA 96 – Imagem editada pela autora, 2019

FIGURA 97 – Imagem editada pela autora, 2019

FIGURA 98 – Imagem editada pela autora, 2019

FIGURA 99 – Imagem editada pela autora, 2019

FIGURA 100 – Imagem editada pela autora, 2019

FIGURA 101 – Imagem editada pela autora, 2019

FIGURA 102 – Imagem editada pela autora, 2019

FIGURA 103 – Imagem editada pela autora, 2019

FIGURA 104 – Imagem editada pela autora, 2019

FIGURA 105 – Imagem editada pela autora, 2019

FIGURA 106 – Imagem editada pela autora, 2019

FIGURA 107 – Imagem editada pela autora, 2019

FIGURA 108 – Imagem editada pela autora, 2019

FIGURA 109 – Imagem editada pela autora, 2019

FIGURA 110 – Imagem editada pela autora, 2019

FIGURA 111 – Imagem editada pela autora, 2019

FIGURA 112 – Imagem editada pela autora, 2019

FIGURA 113 – Imagem editada pela autora, 2019

FIGURA 114 – Imagem editada pela autora, 2019

FIGURA 115 – Imagem editada pela autora, 2019

FIGURA 116 – Imagem editada pela autora, 2019

FIGURA 117 – Imagem editada pela autora, 2019

FIGURA 118 – Imagem editada pela autora, 2019

FIGURA 119 – Imagem editada pela autora, 2019

FIGURA 120 – Imagem editada pela autora, 2019

FIGURA 121 – Imagem editada pela autora, 2019

FIGURA 122 – Imagem editada pela autora, 2019

FIGURA 123 – Imagem editada pela autora, 2019

FIGURA 124 – Imagem editada pela autora, 2019

FIGURA 125 – Imagem editada pela autora, 2019

FIGURA 126 – Imagem editada pela autora, 2019

FIGURA 127 – Imagem editada pela autora, 2019

FIGURA 128 – Imagem editada pela autora, 2019

FIGURA 129 – Imagem editada pela autora, 2019

FIGURA 130 – Imagem editada pela autora, 2019

FIGURA 131 – Imagem editada pela autora, 2019

FIGURA 132 – Imagem editada pela autora, 2019

FIGURA 133 – Imagem editada pela autora, 2019

FIGURA 134 – Imagem editada pela autora, 2019

FIGURA 135 – Imagem editada pela autora, 2019

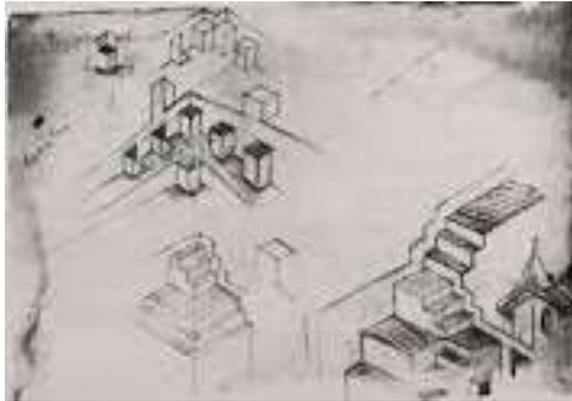
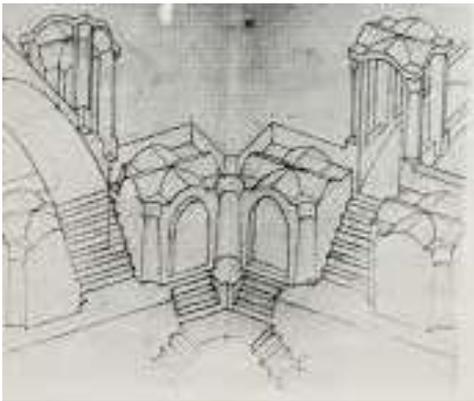
FIGURA 136 – Imagem editada pela autora, 2019

FIGURA 137 – Imagem editada pela autora, 2019

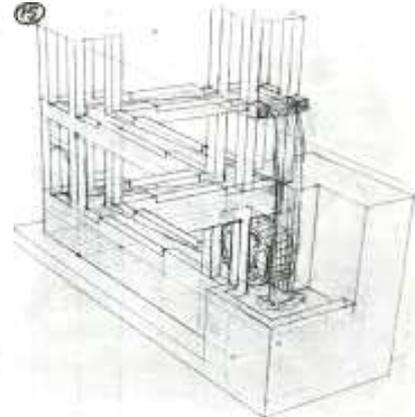
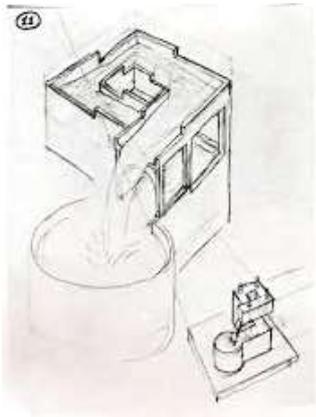
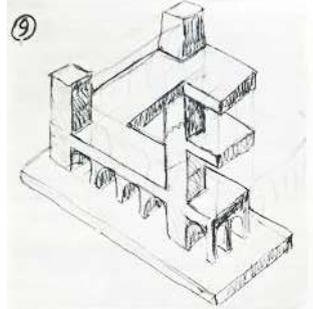
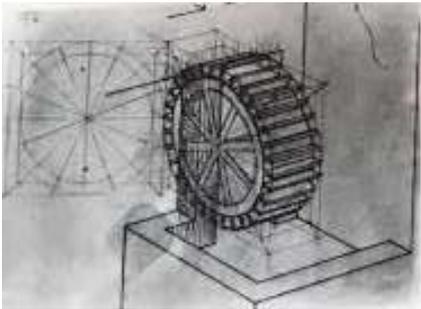
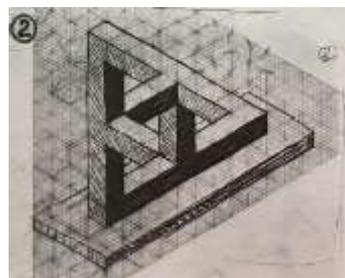
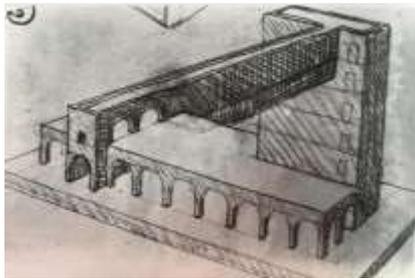
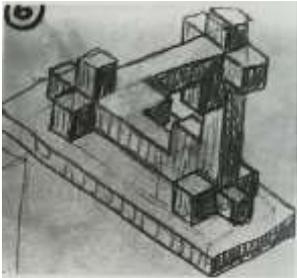
8. ANEXOS

A - ESTUDOS DE ESCHER

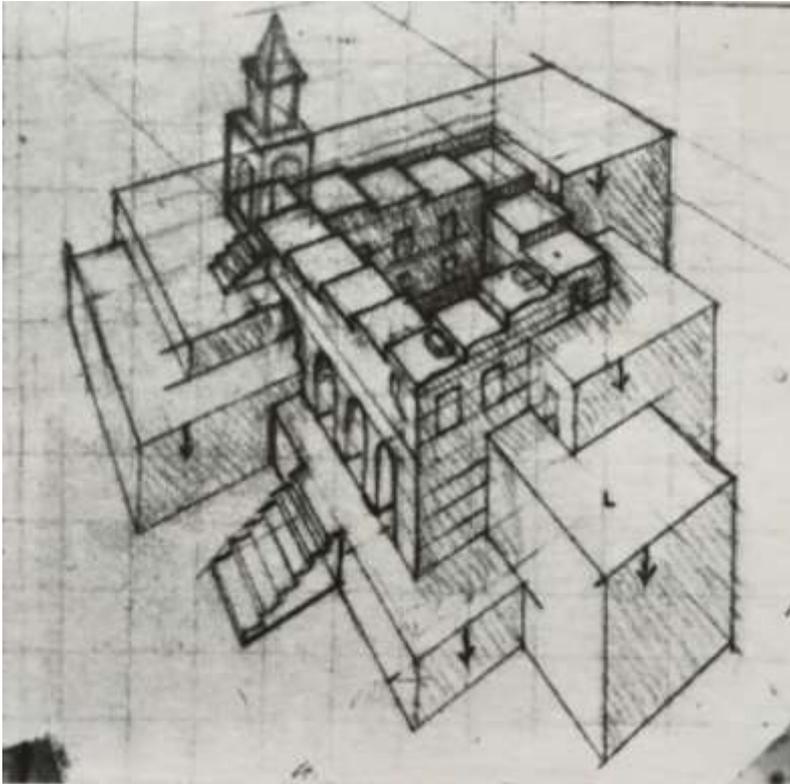
1- Côncavo e Convexo



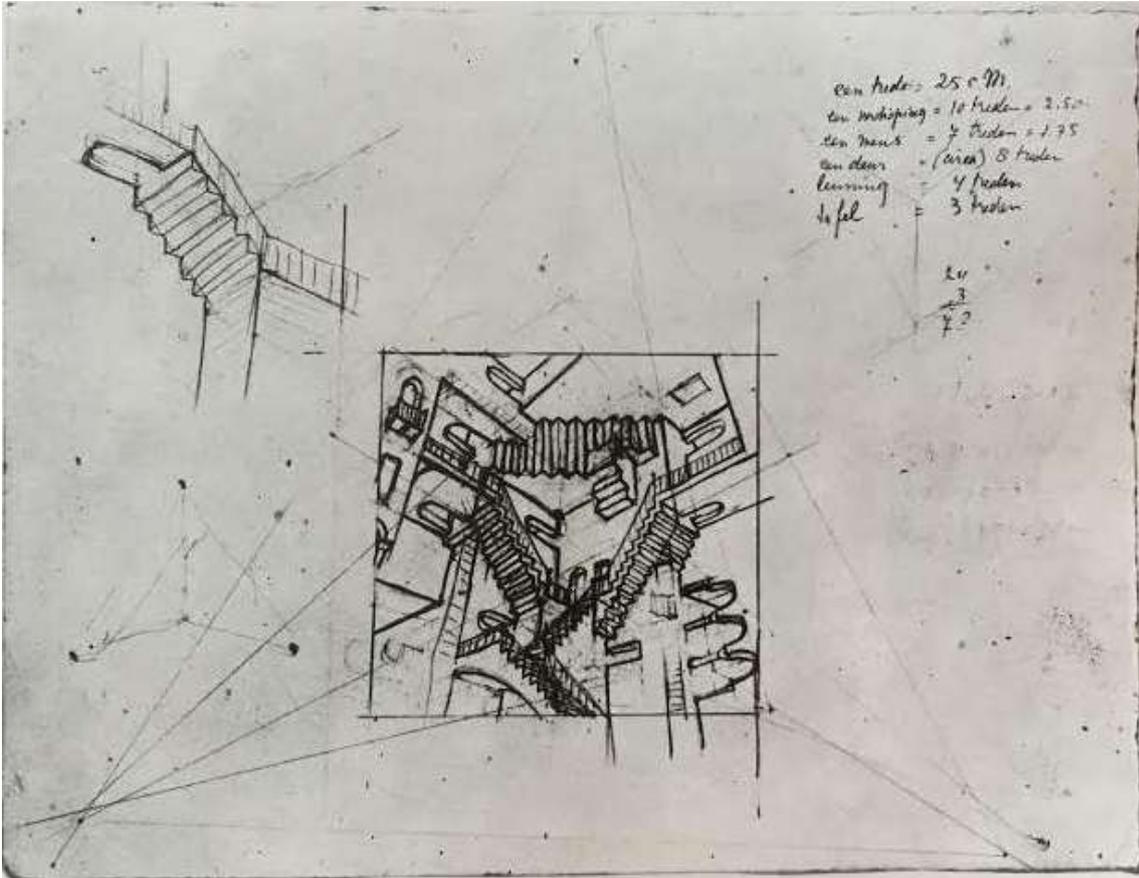
2 - A Cascata



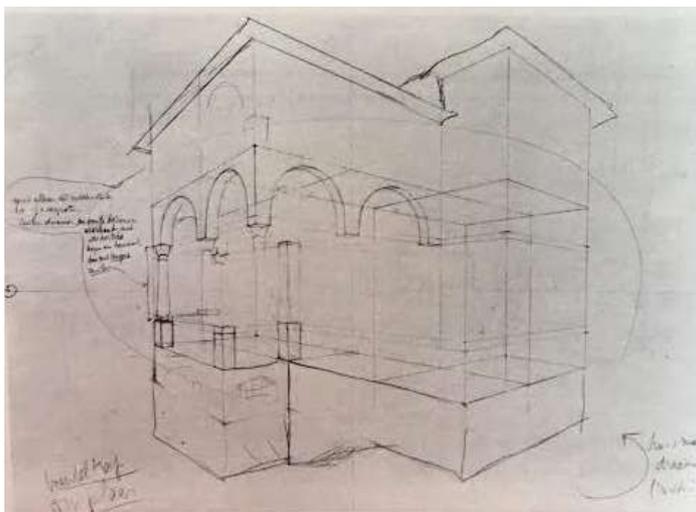
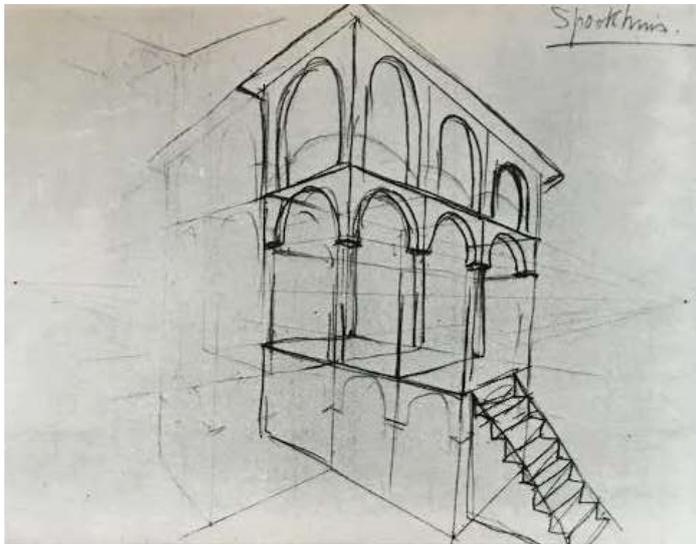
3 - Sobe e Desce



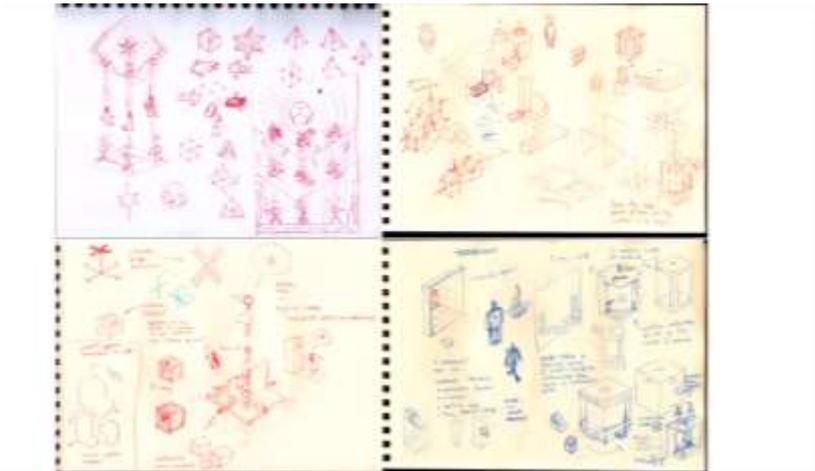
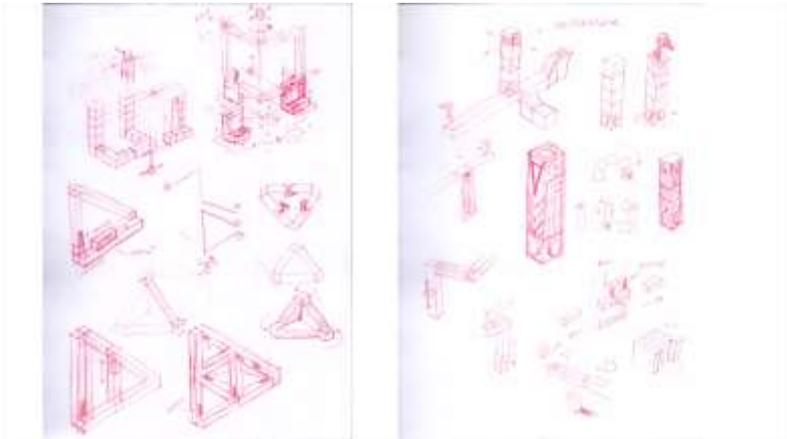
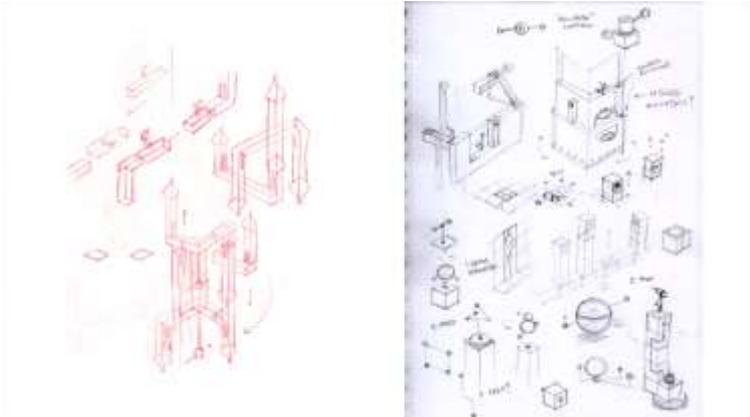
4 - Relatividade



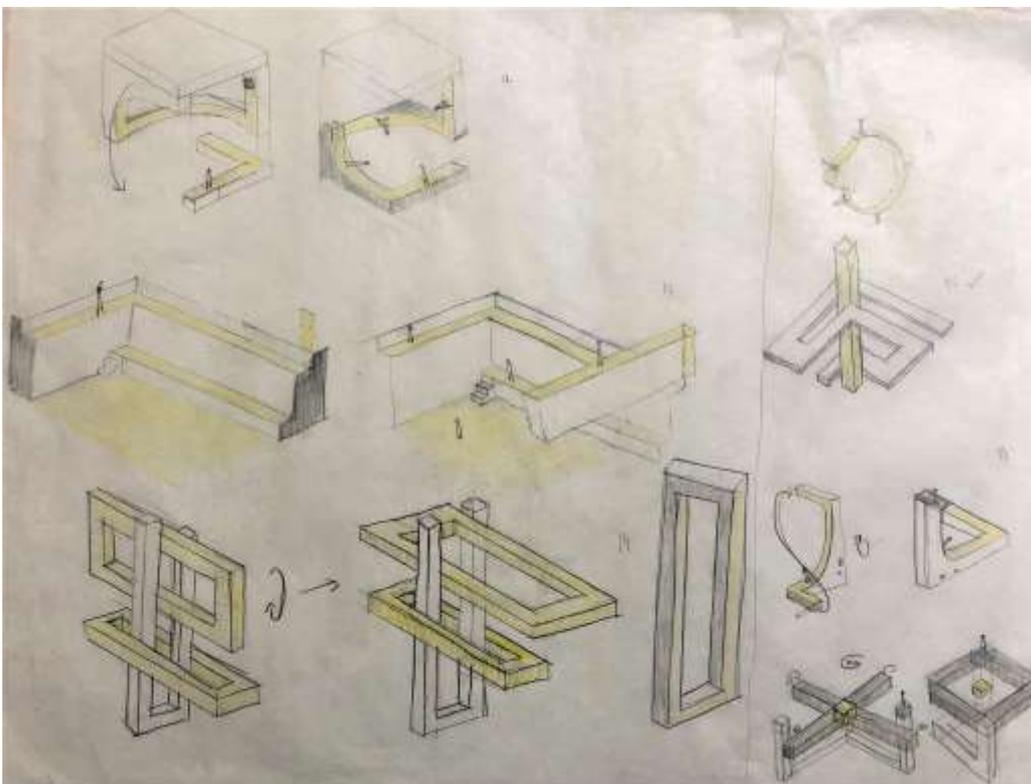
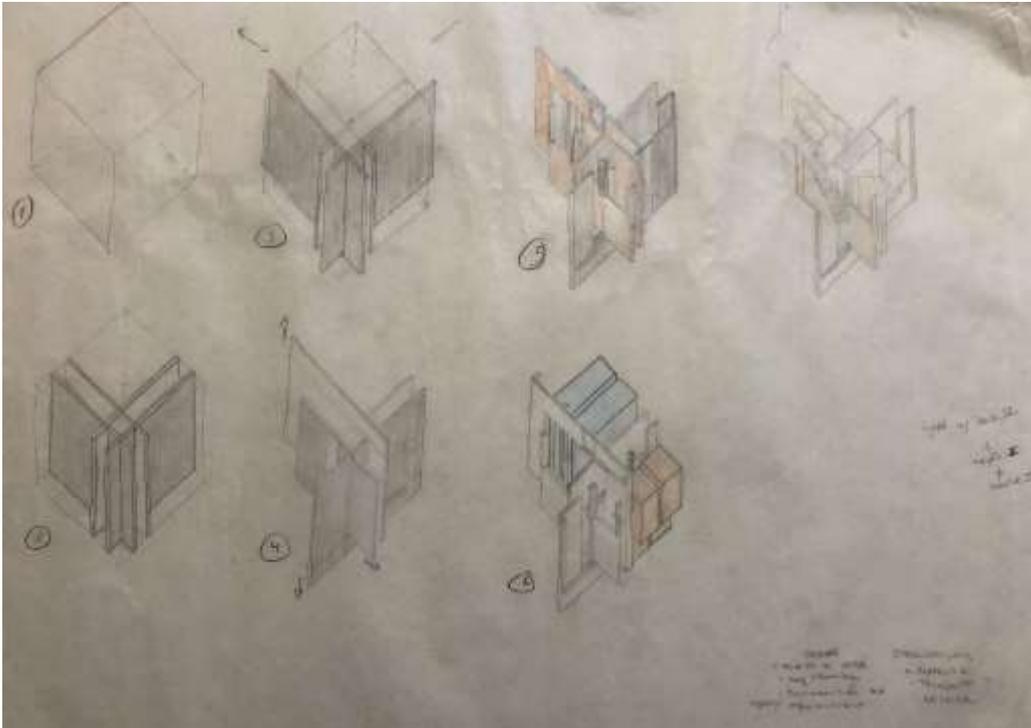
5 – Belveder

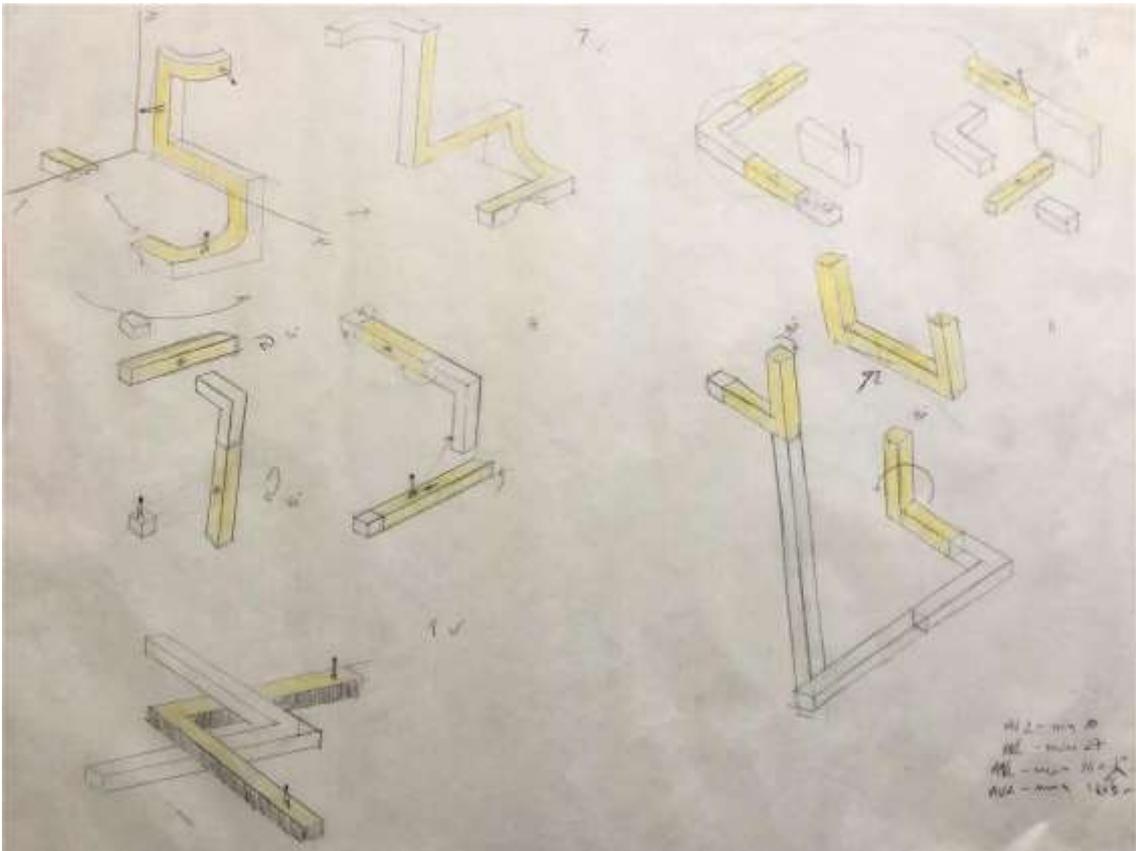
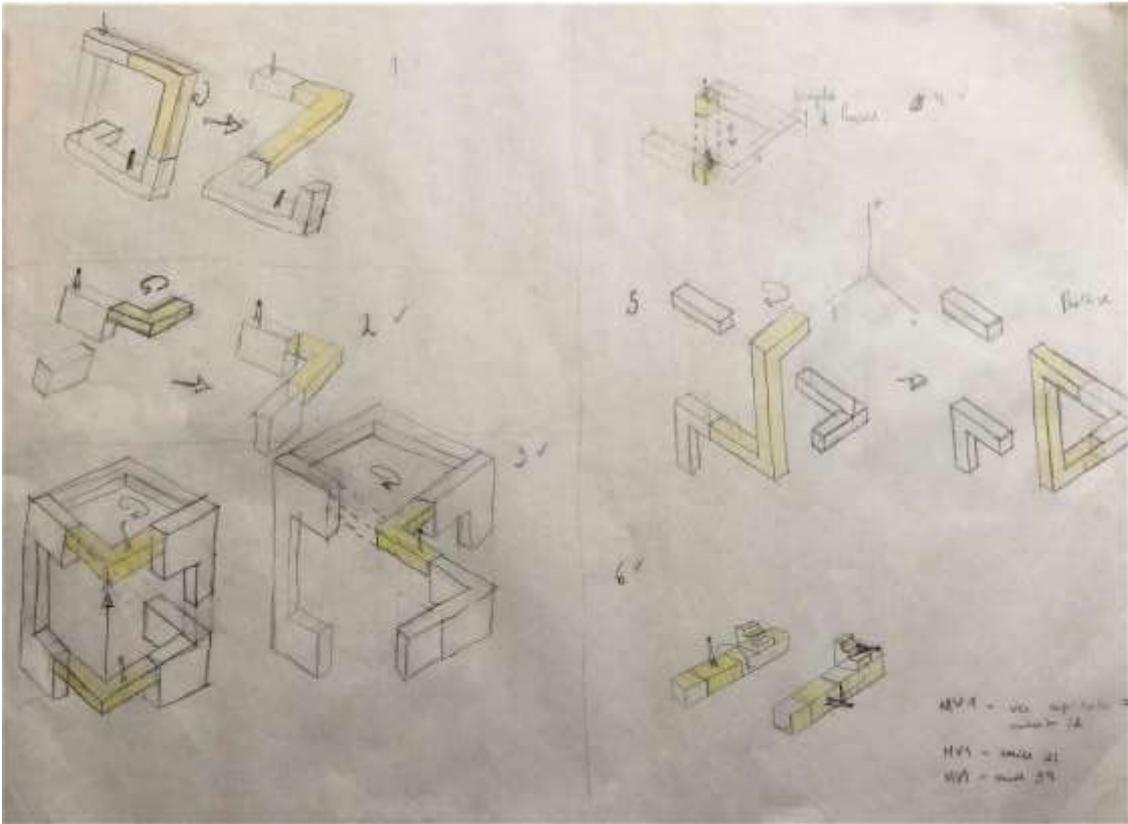


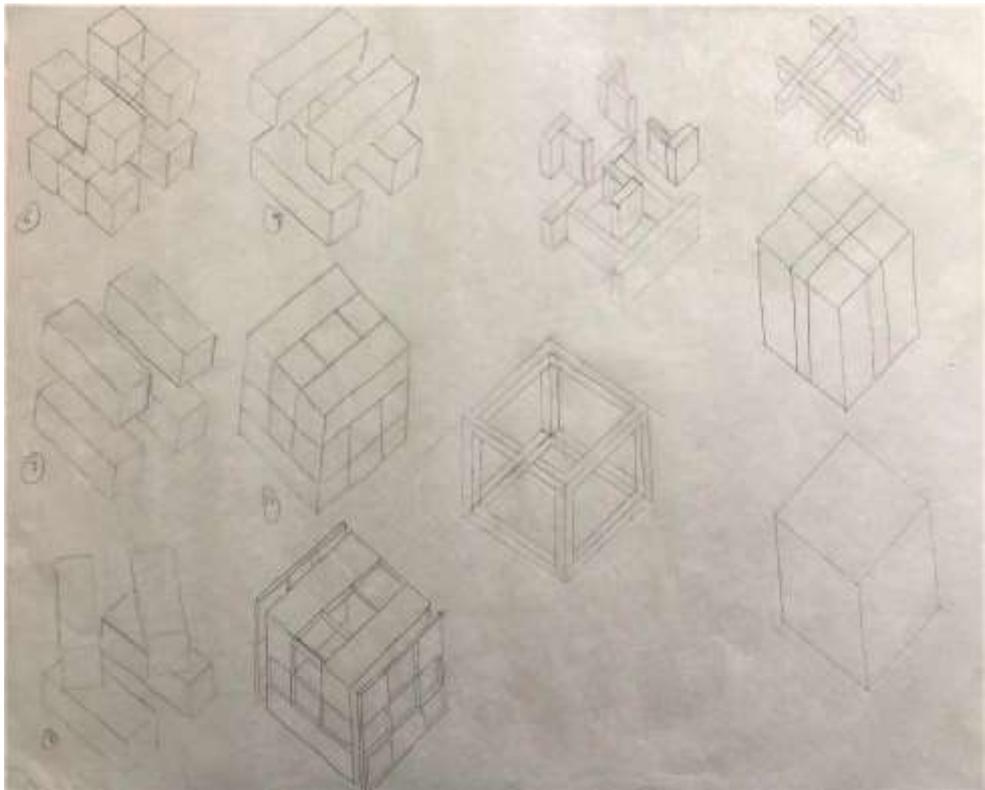
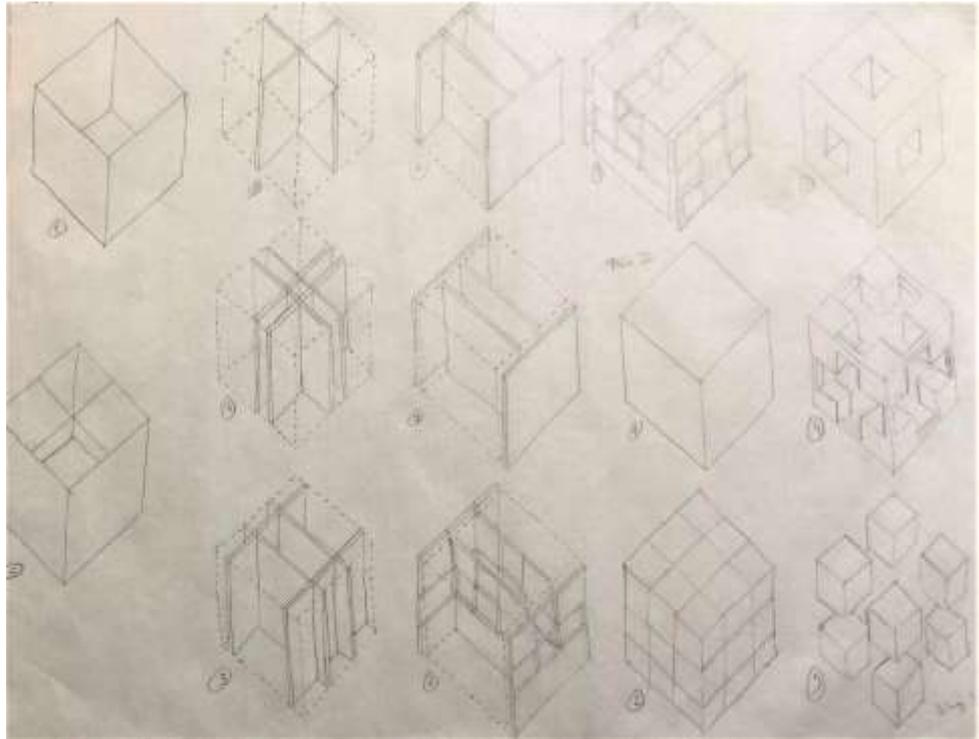
B- DESENHOS DE ESTUDO DO JOGO MONUMENT VALLEY

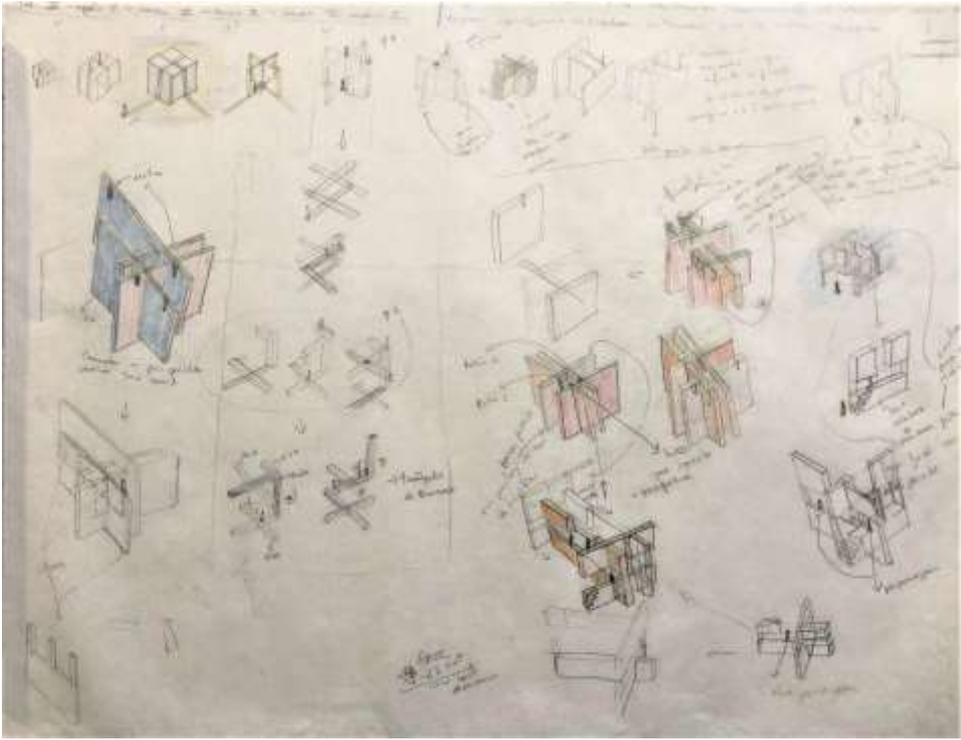
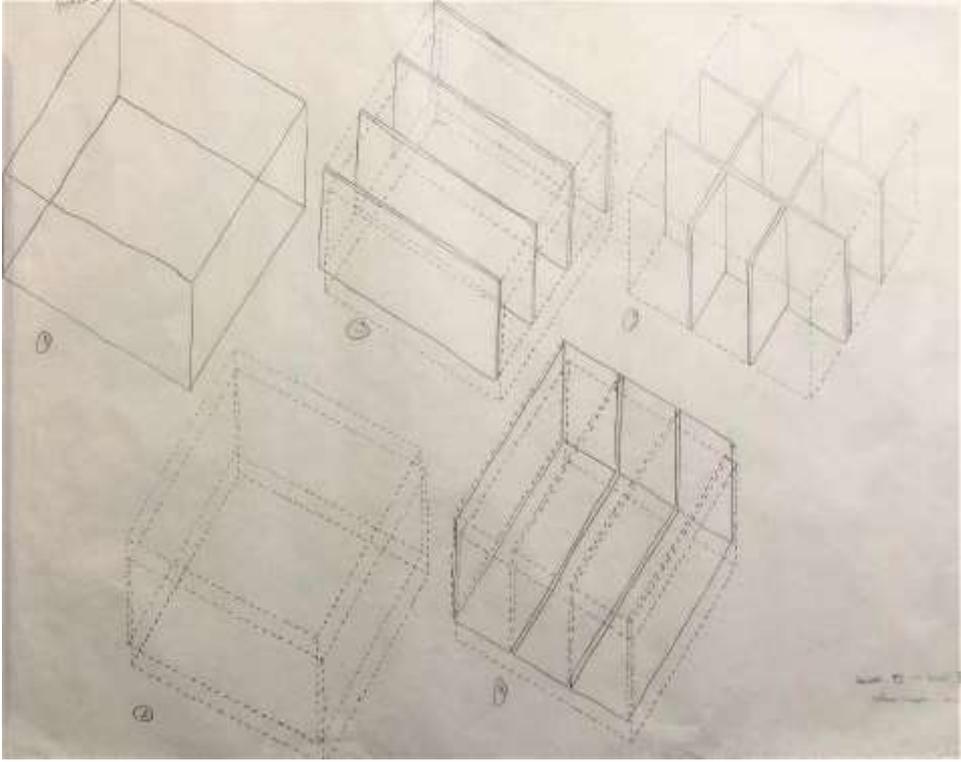


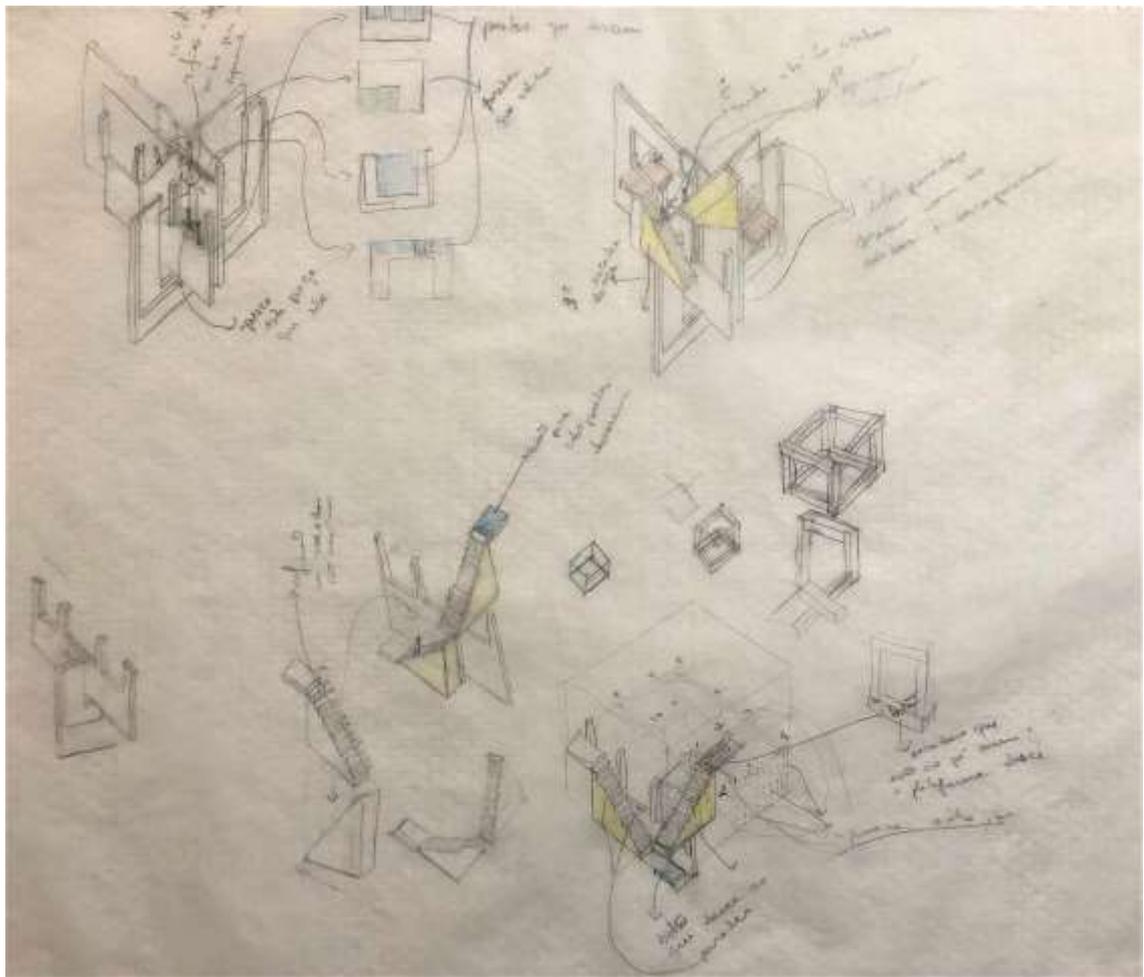
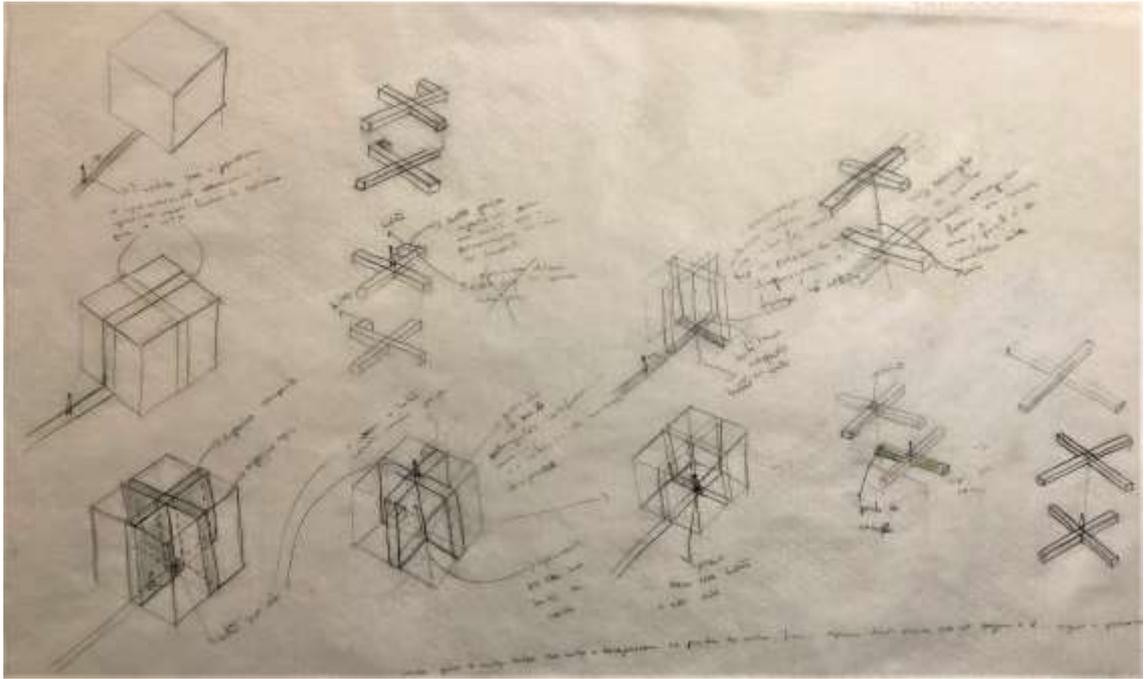
C – DESENHOS DE ESTUDO PARA DESENVOLVIMENTO DO PROTÓTIPO

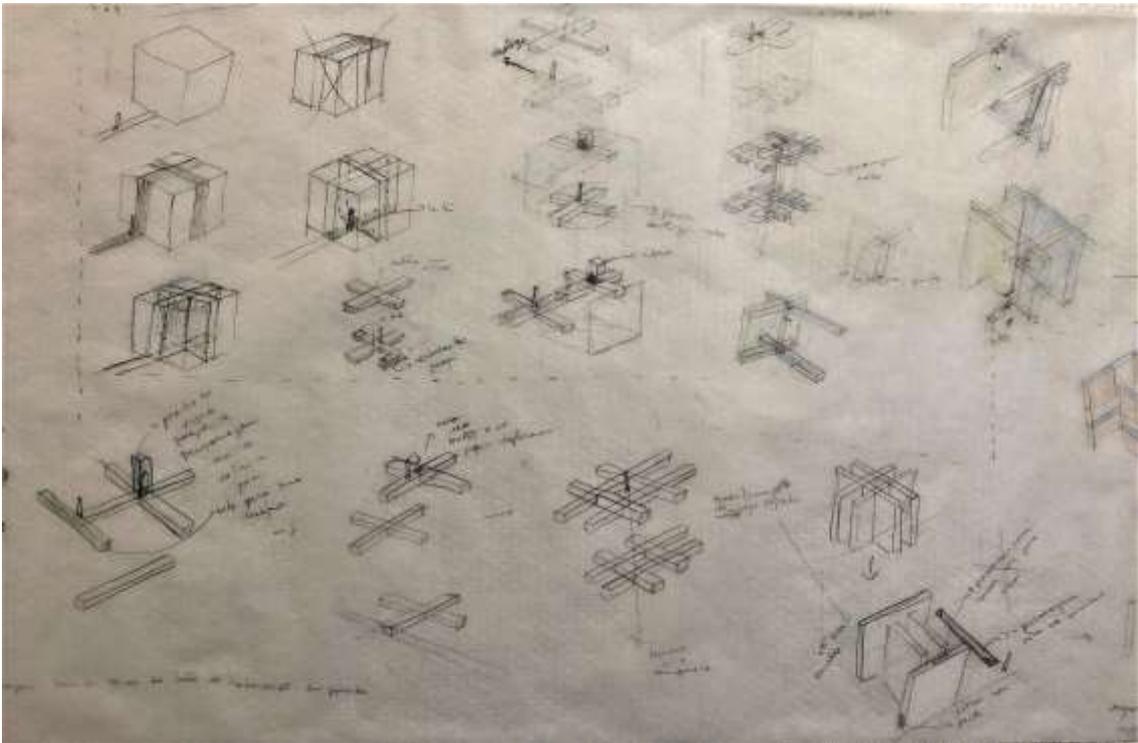
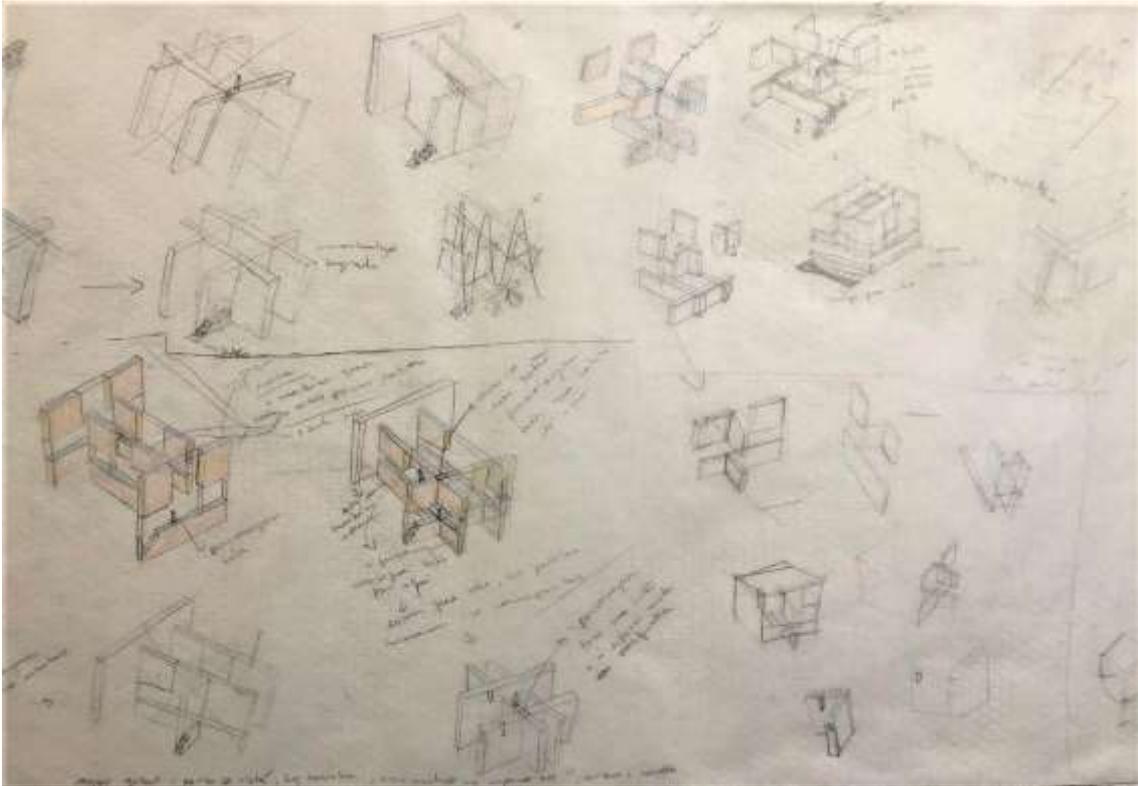


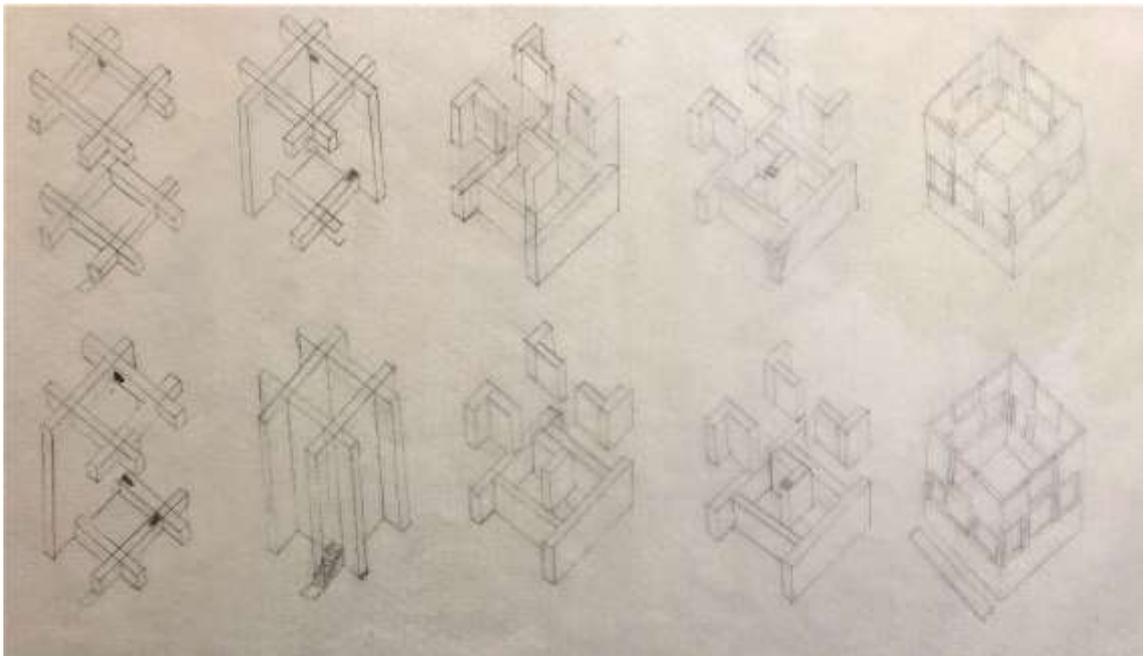
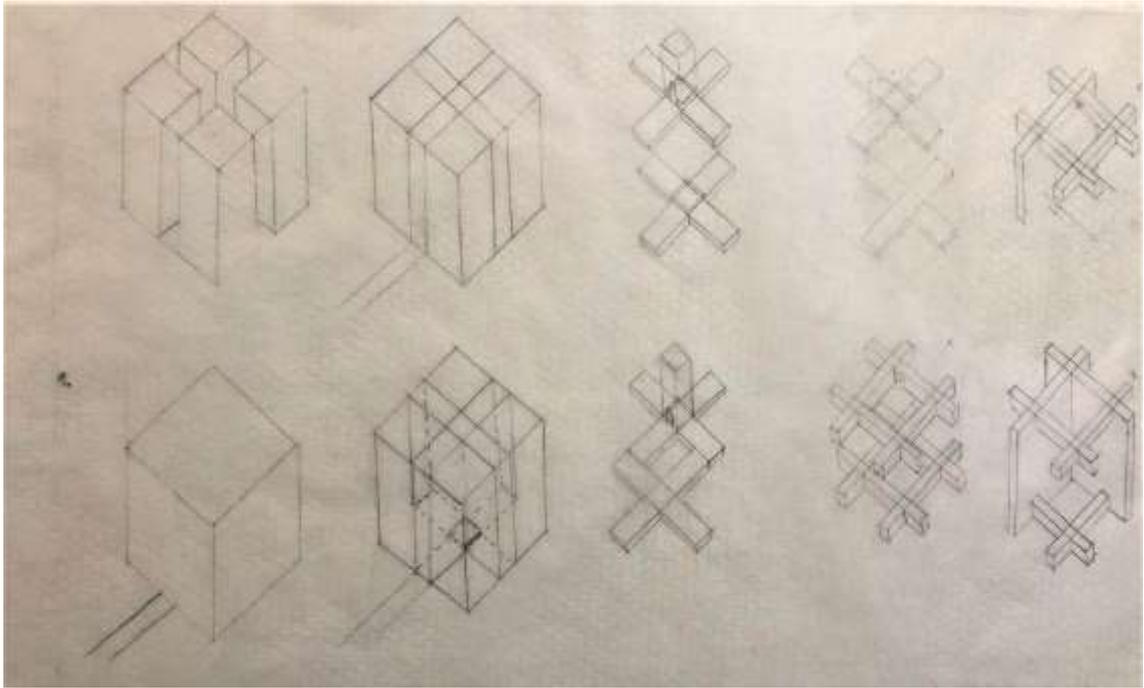


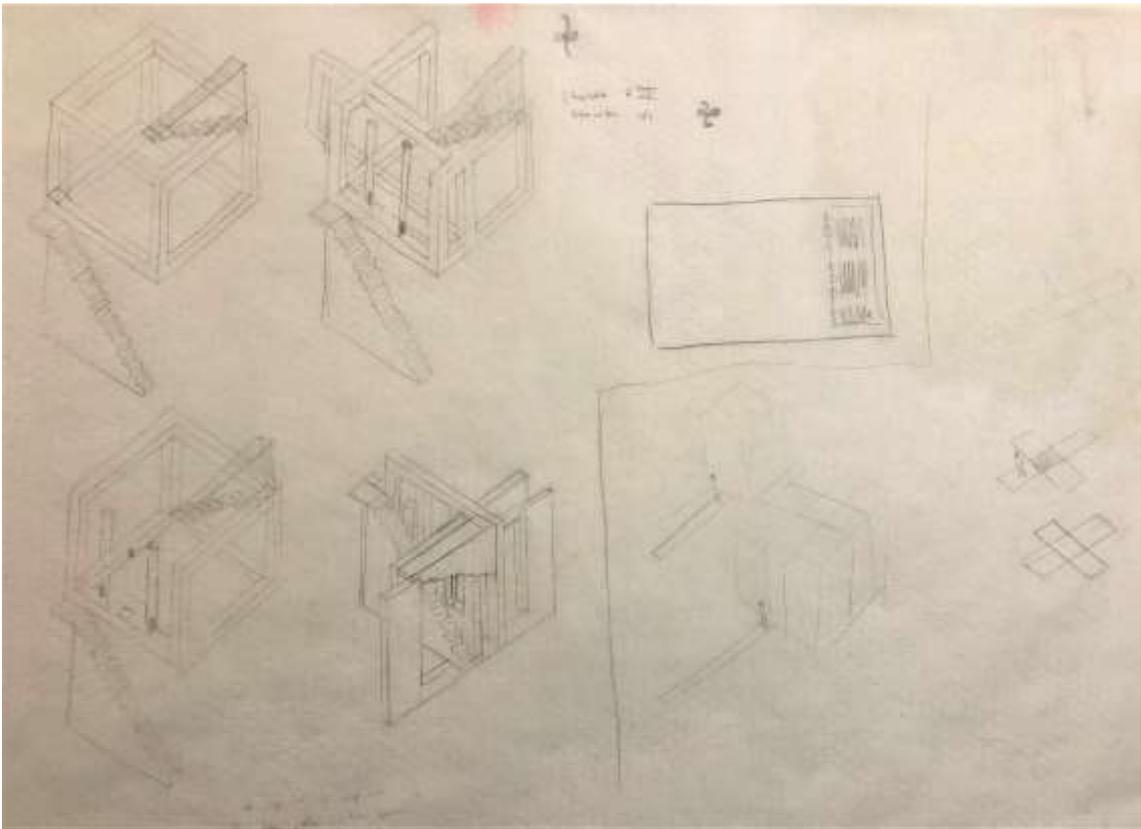
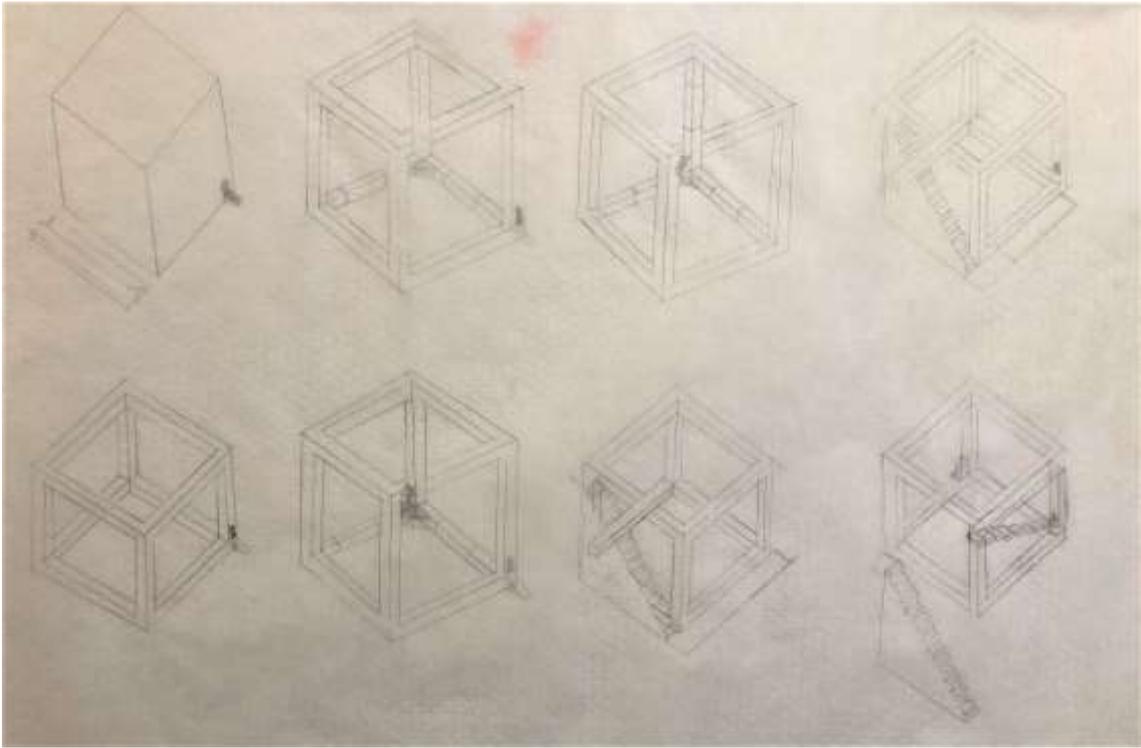


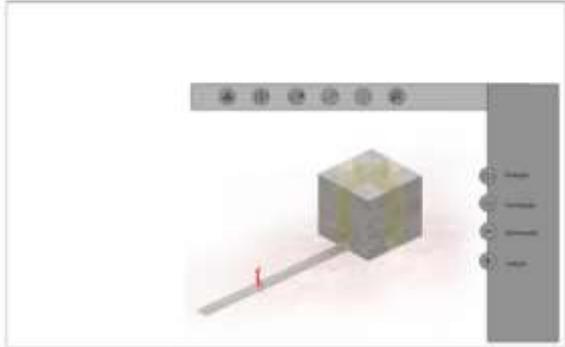
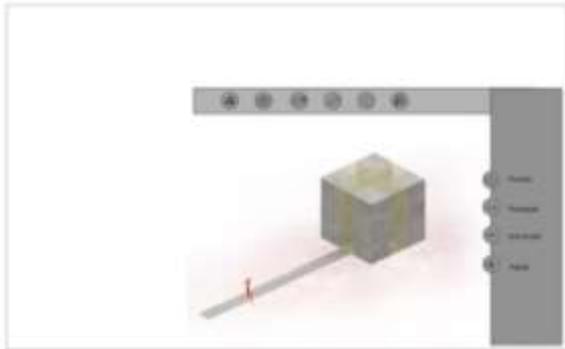
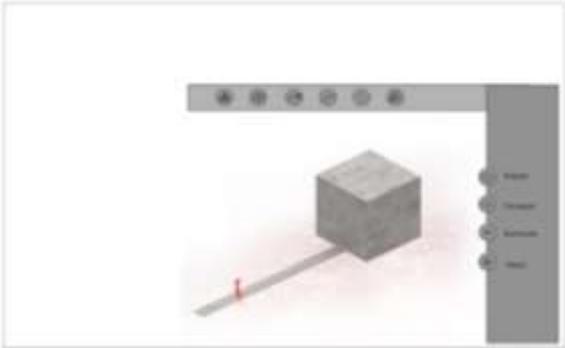
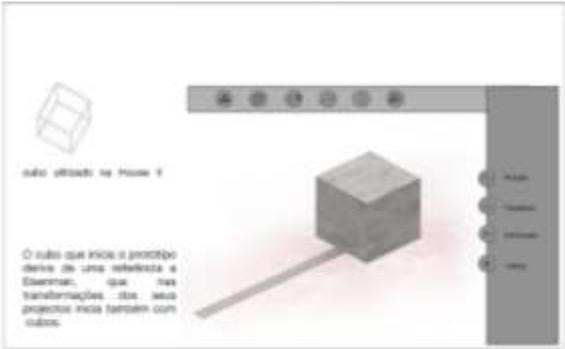


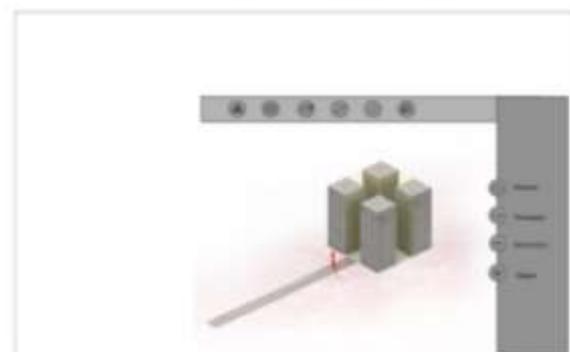
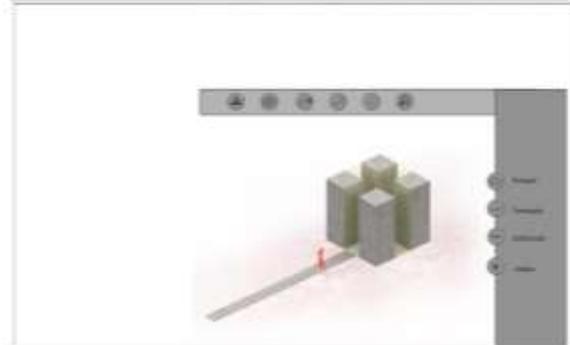
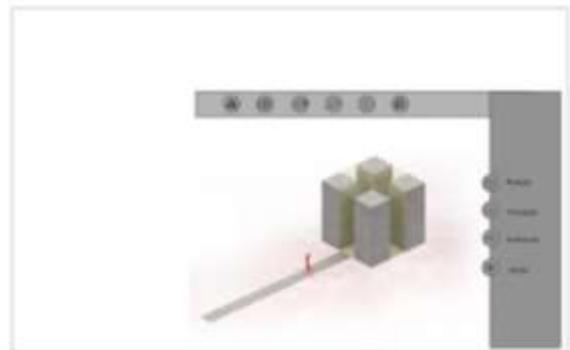
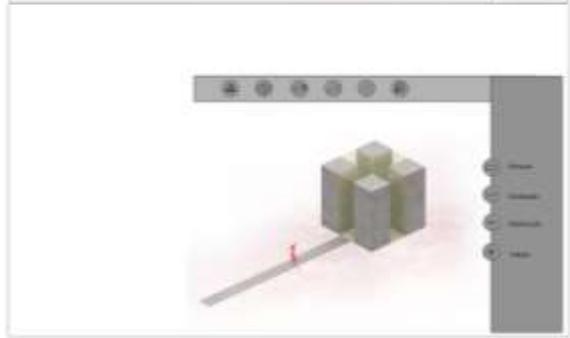
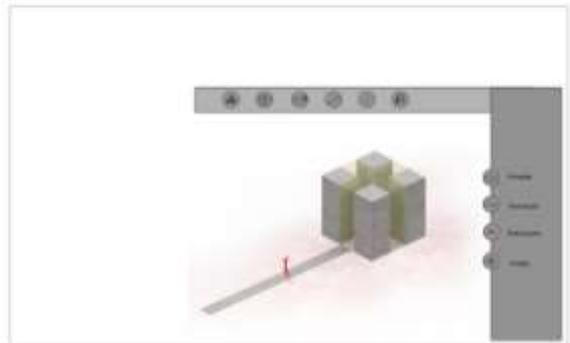


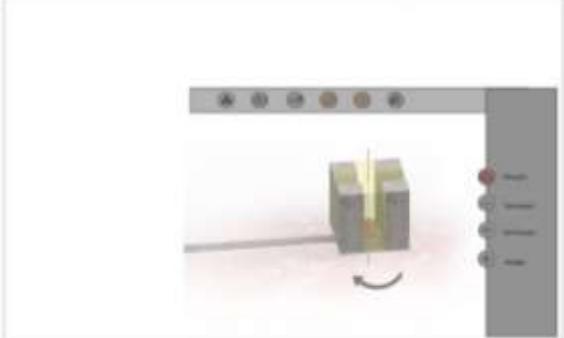
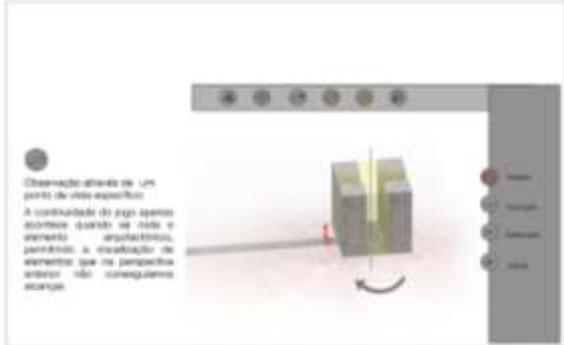
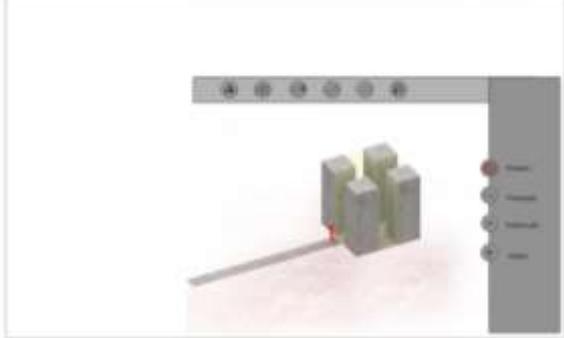
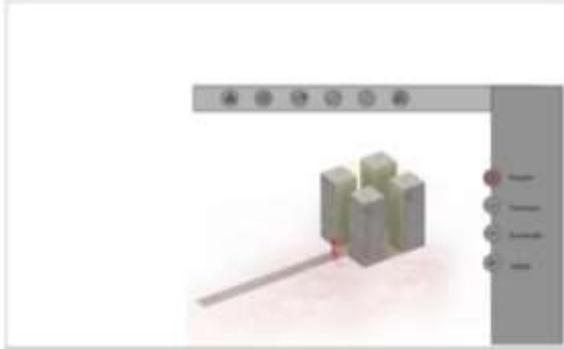
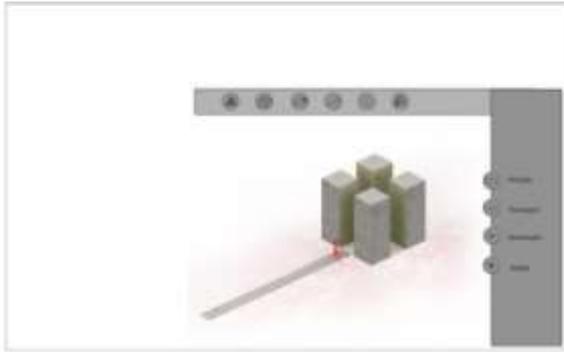


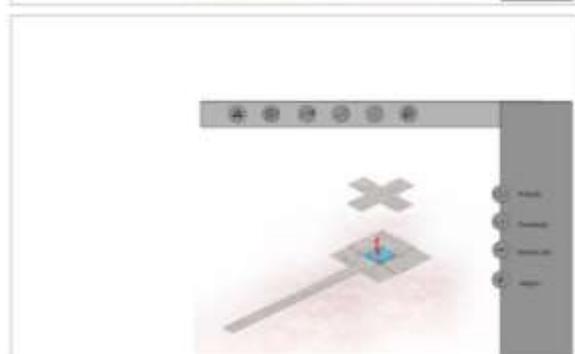
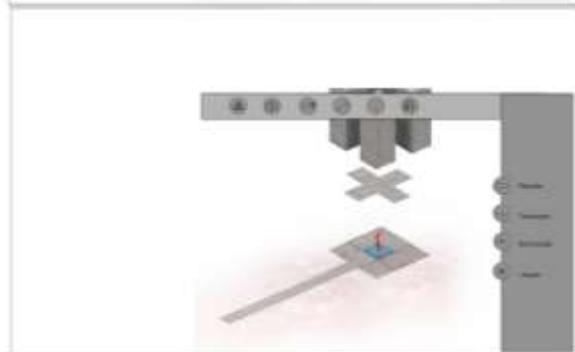
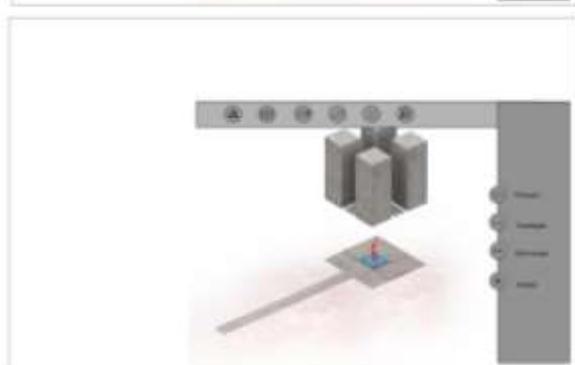


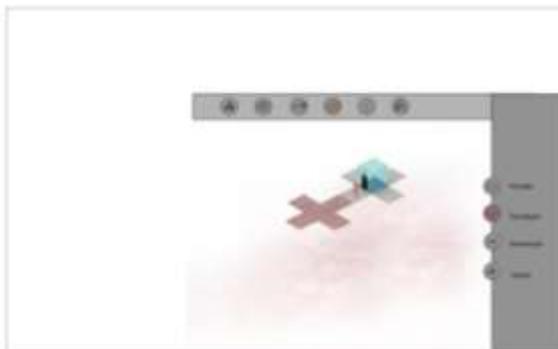
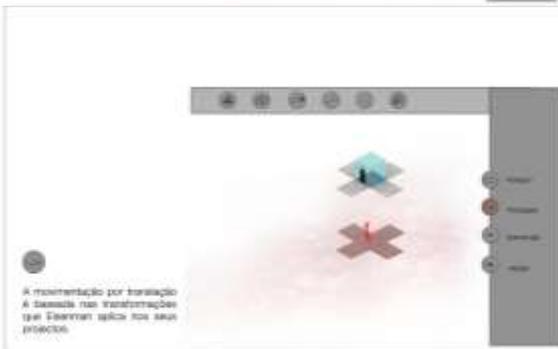
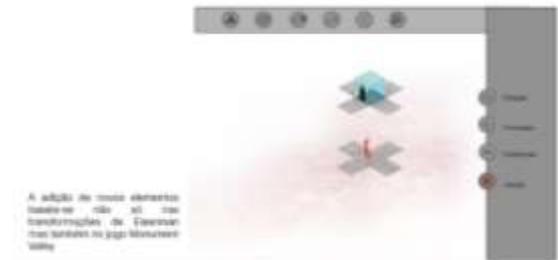
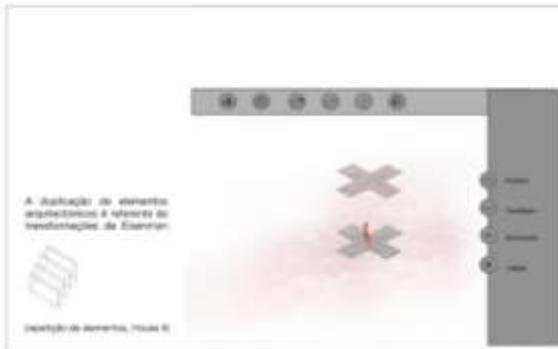


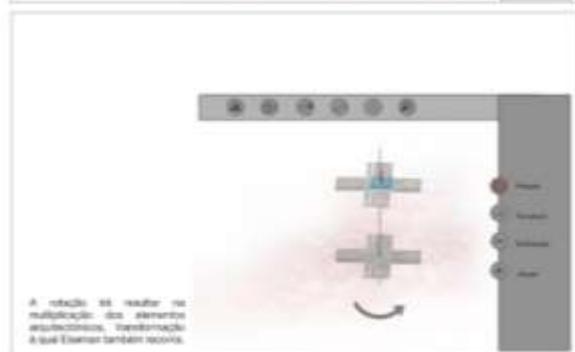
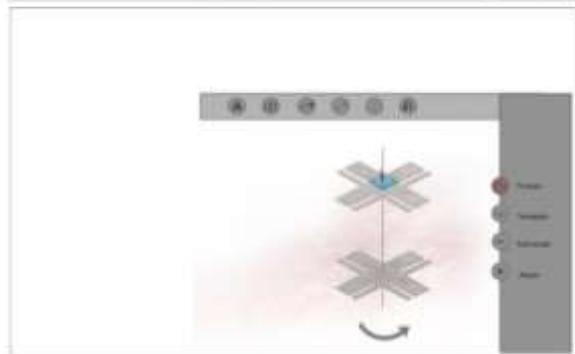
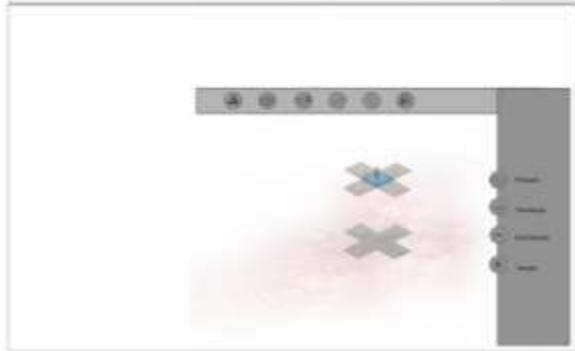
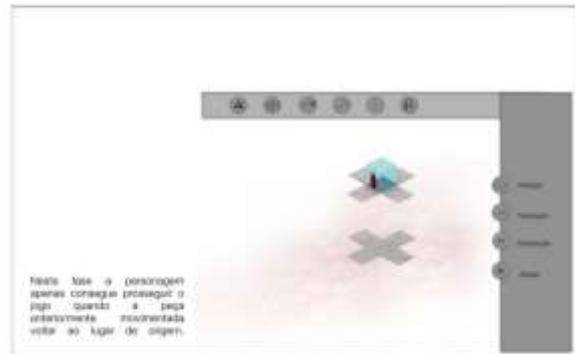


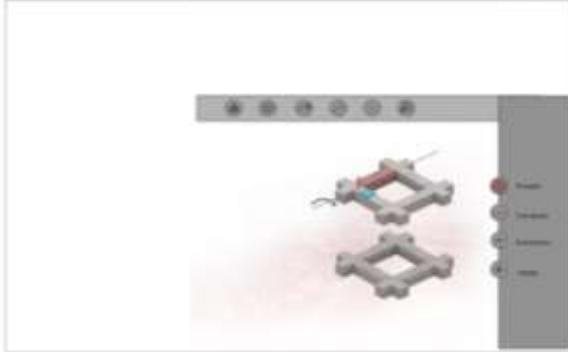
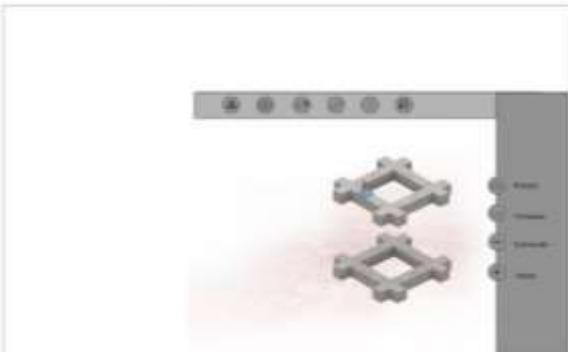
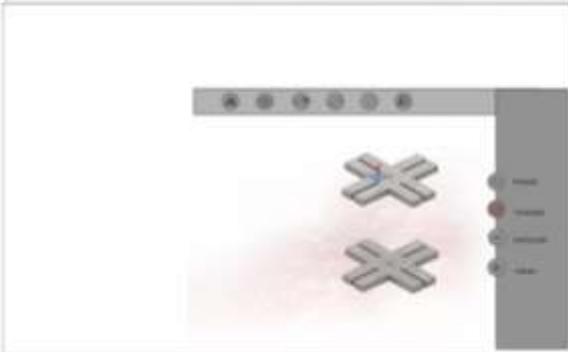
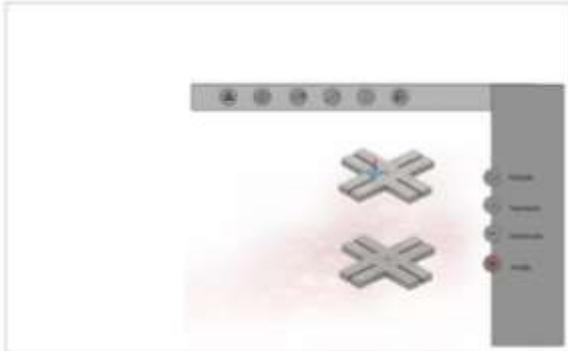
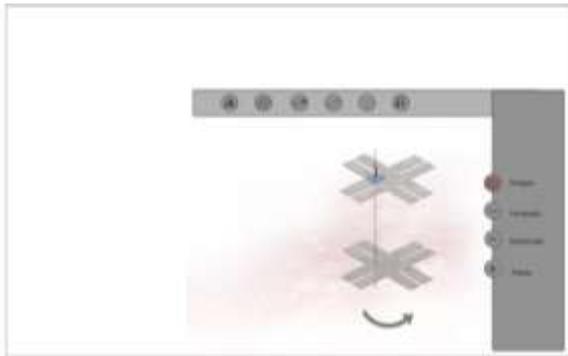












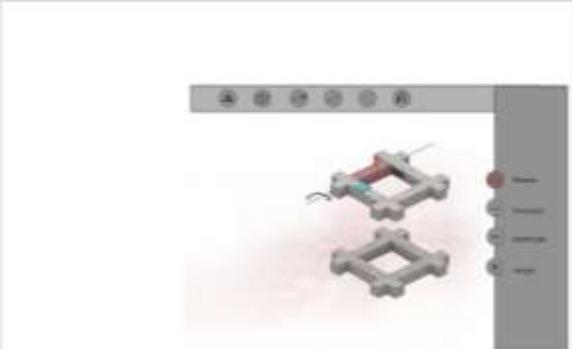
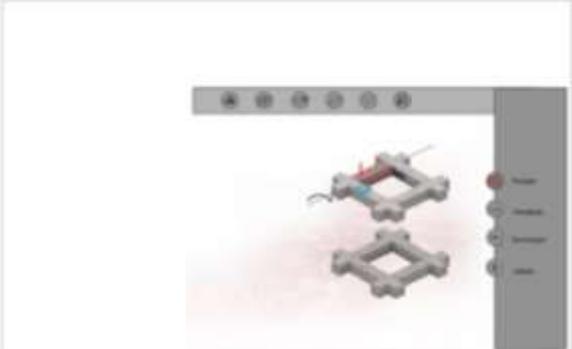
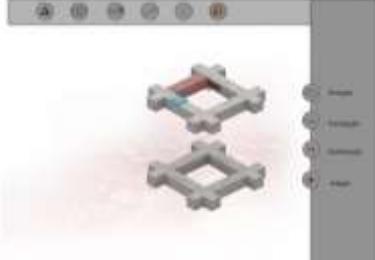
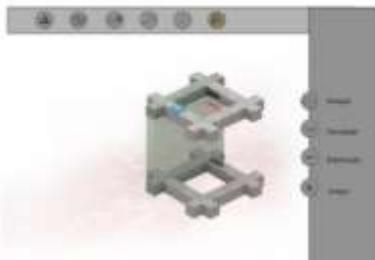


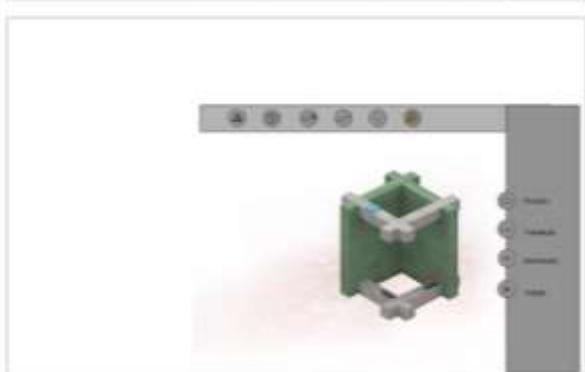
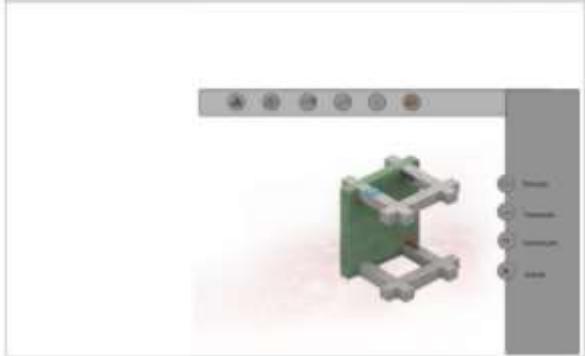
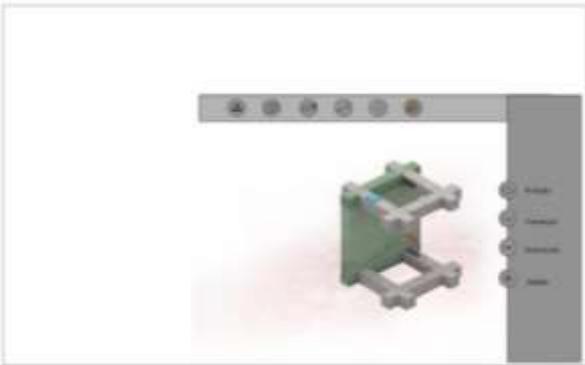
Imagem de um exemplo de fachada de Esher

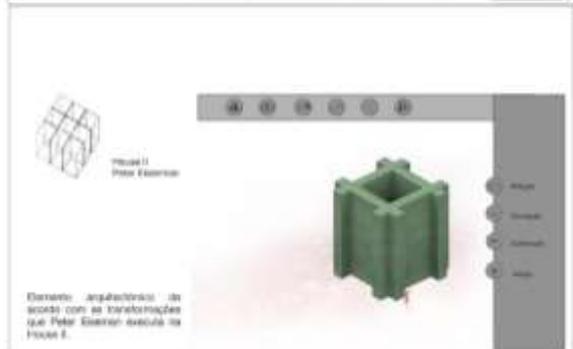
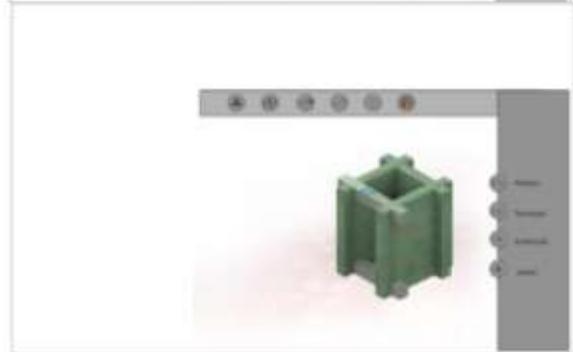
A referência a Esher surge na movimentação de painéis no espaço em qualquer um dos pontos geométricos.

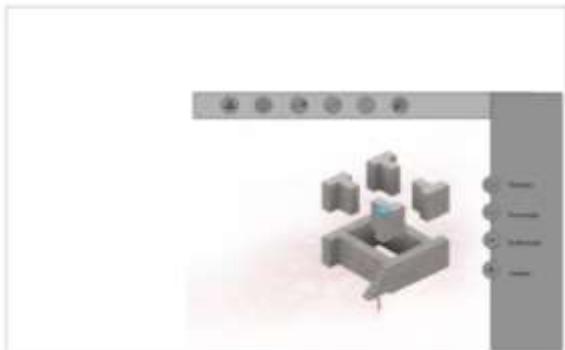
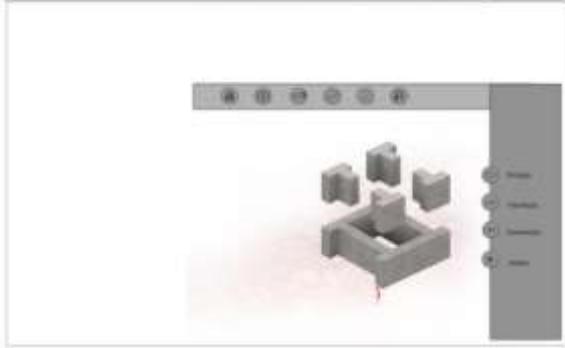
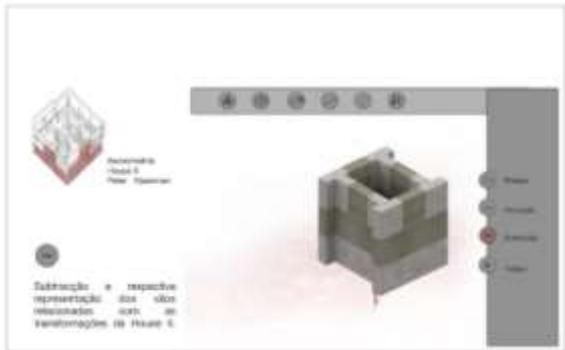
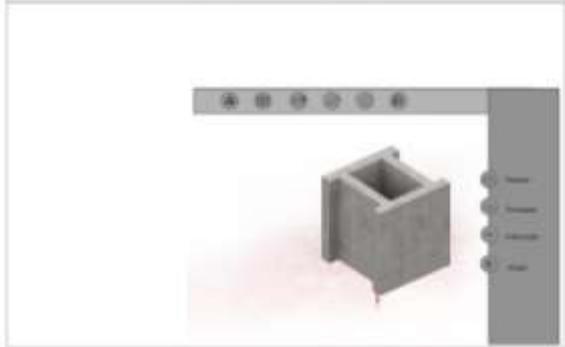


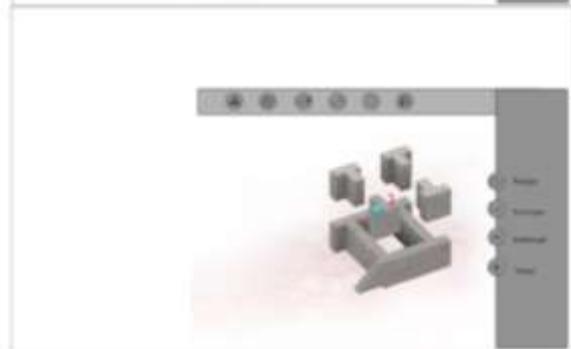
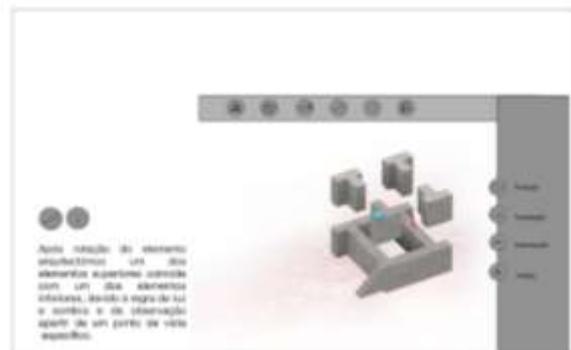
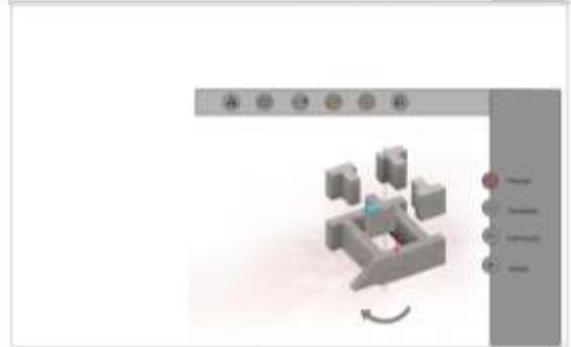
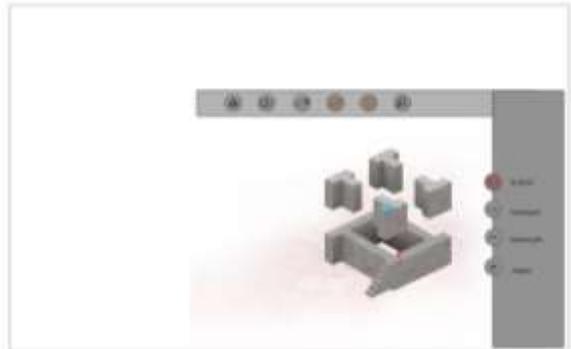
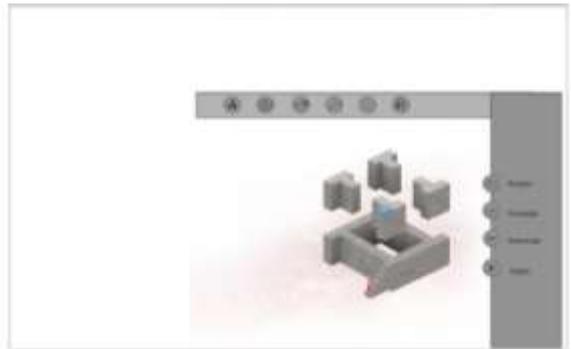
A referência à Esher surge na movimentação de painéis no espaço em qualquer um dos pontos geométricos.

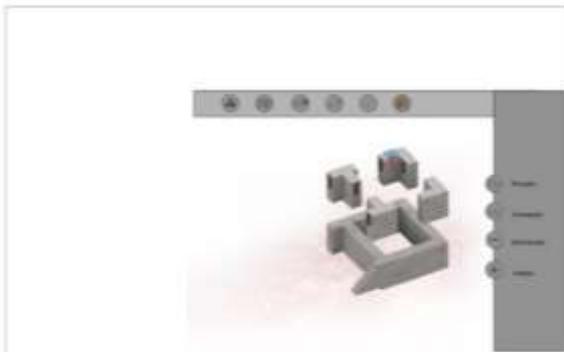
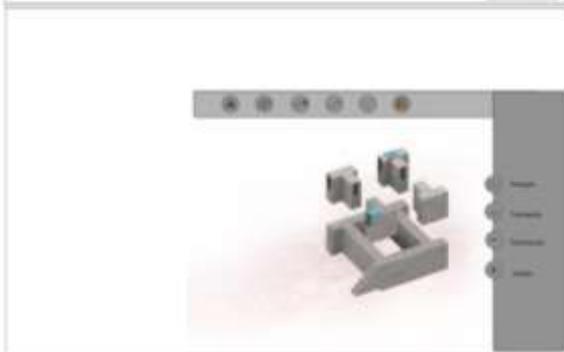
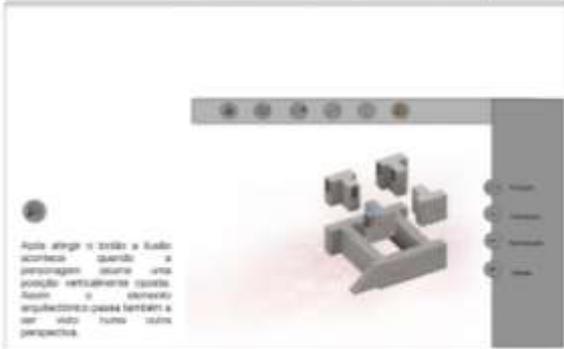
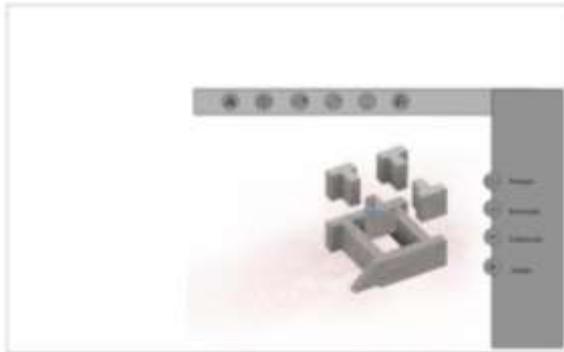


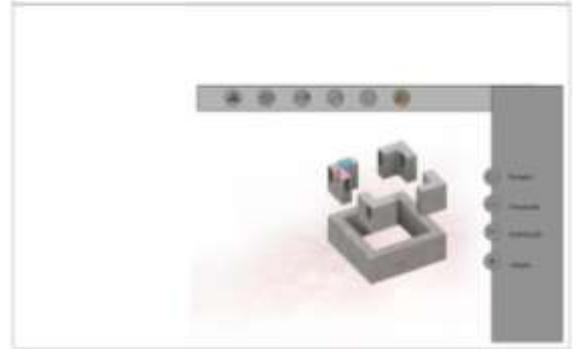
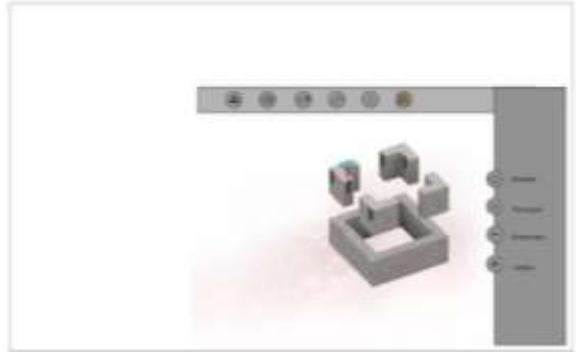
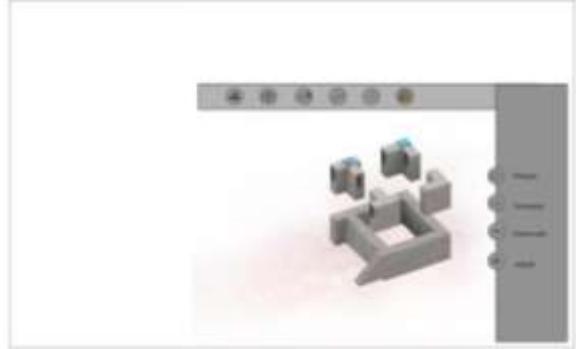
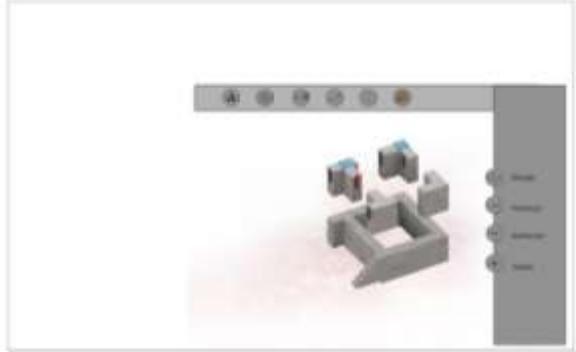
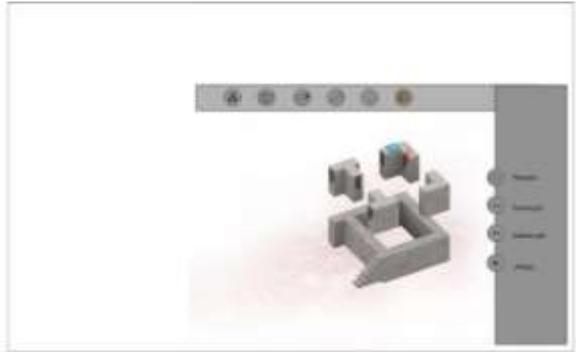


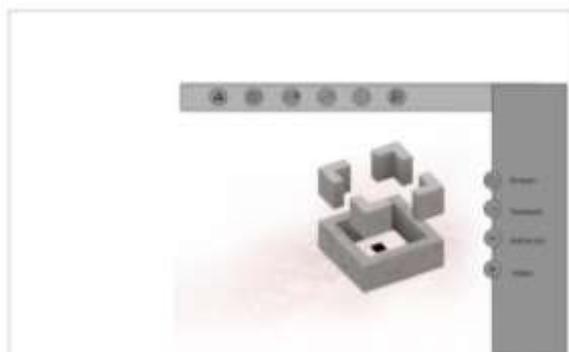
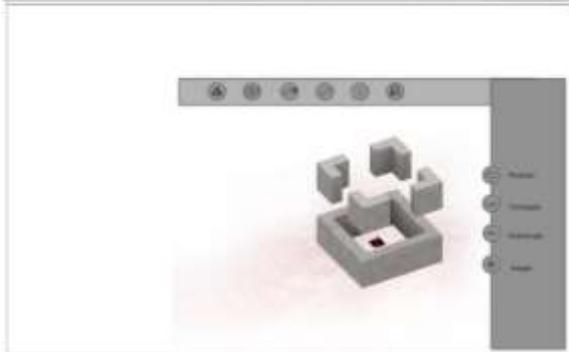
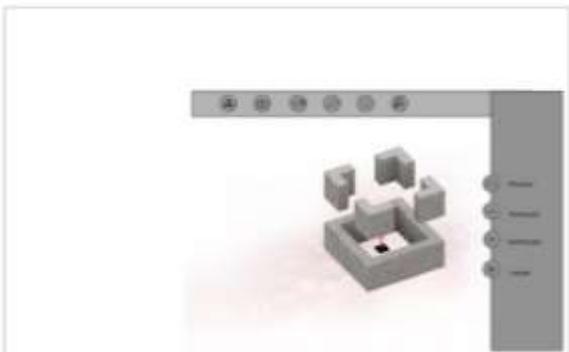
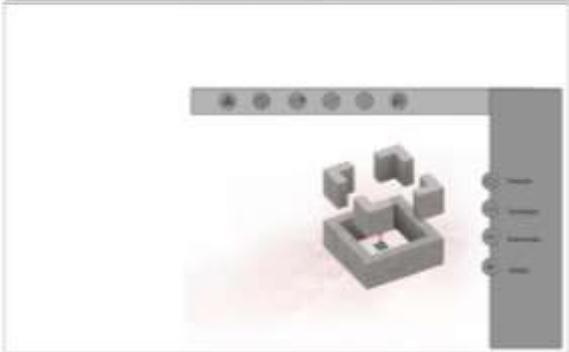
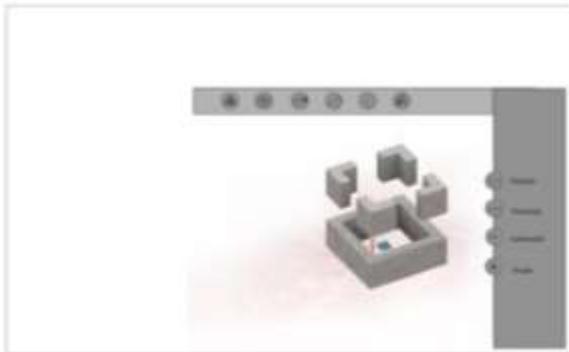


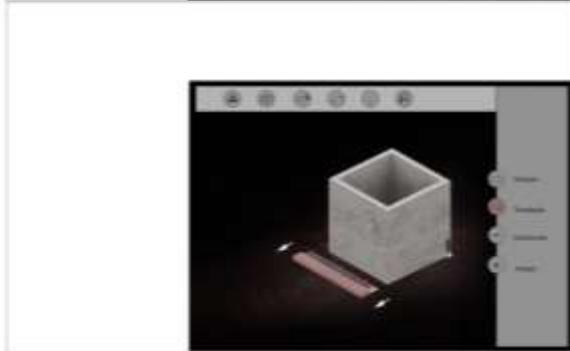
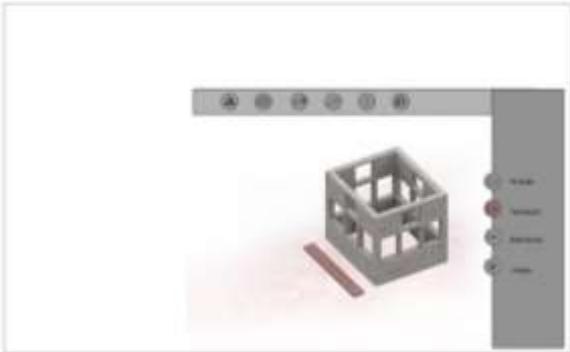
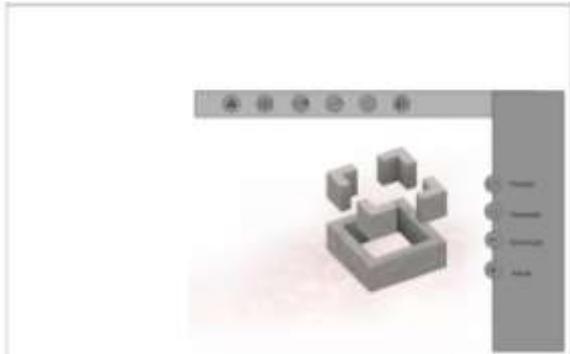


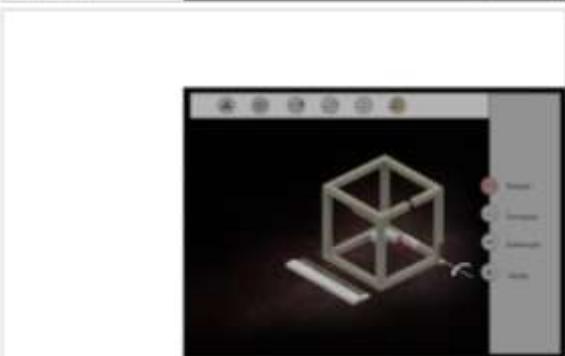
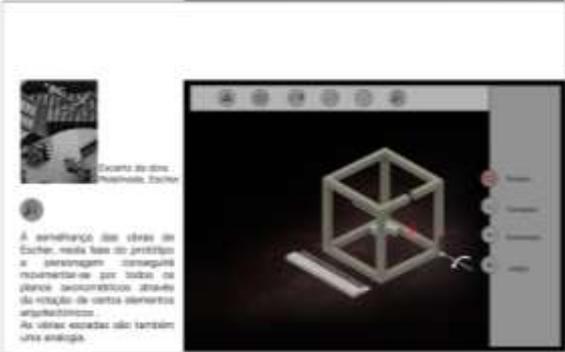


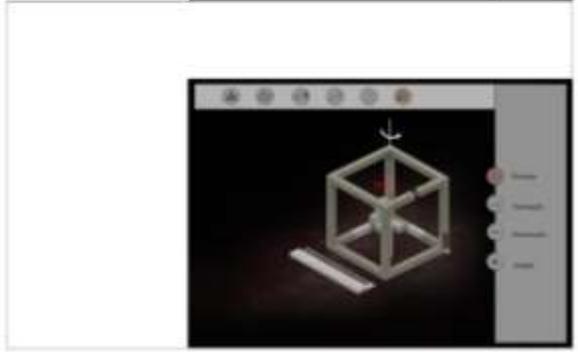
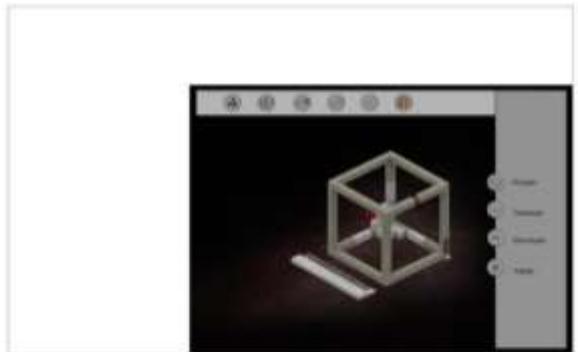
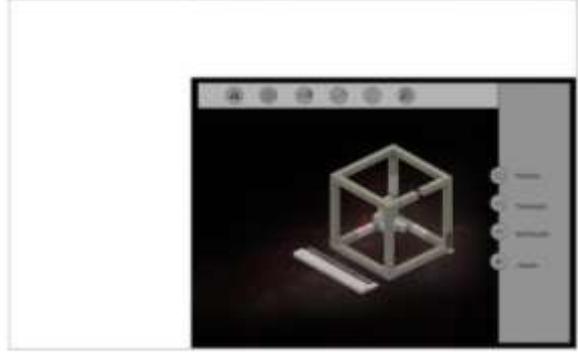
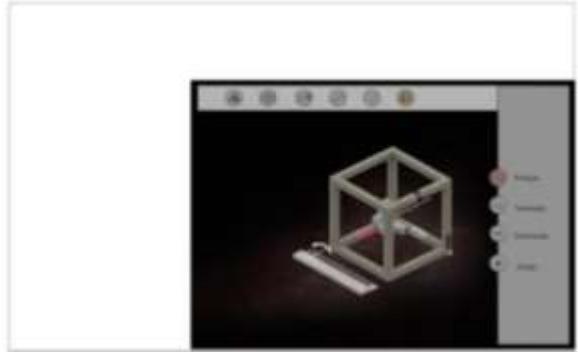
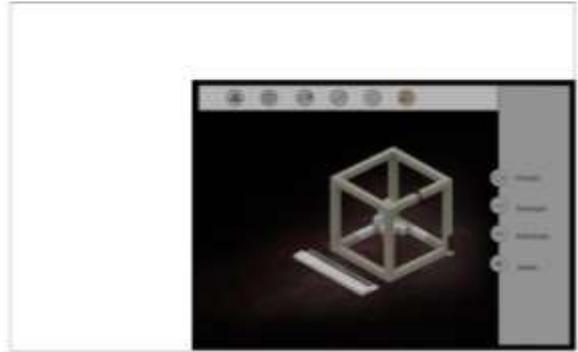


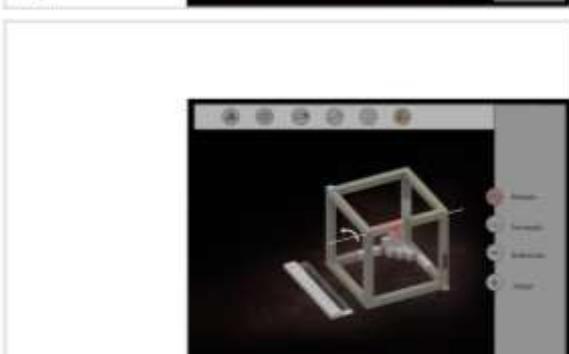
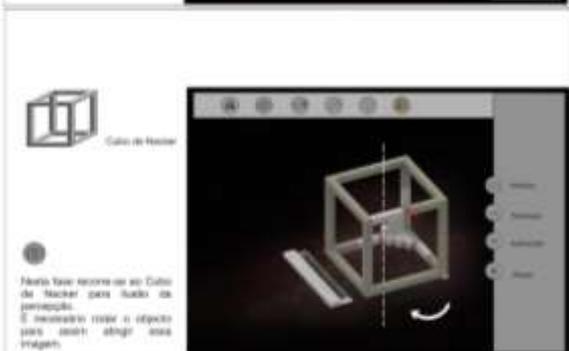
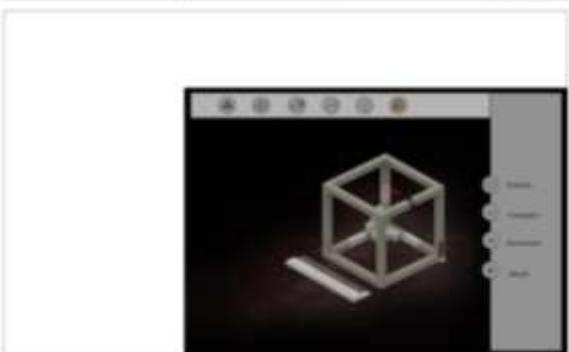
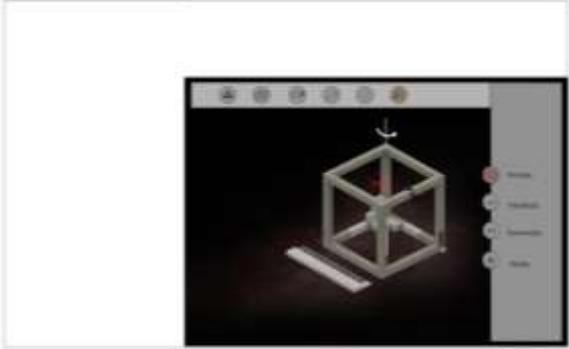
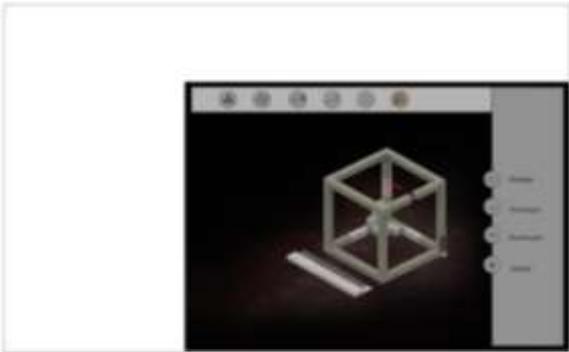


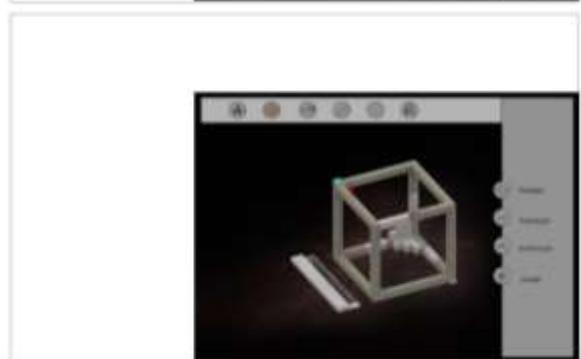
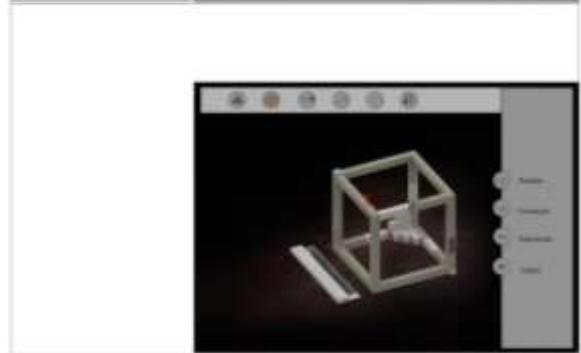
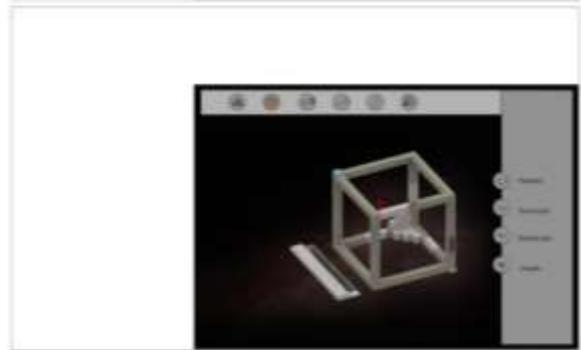
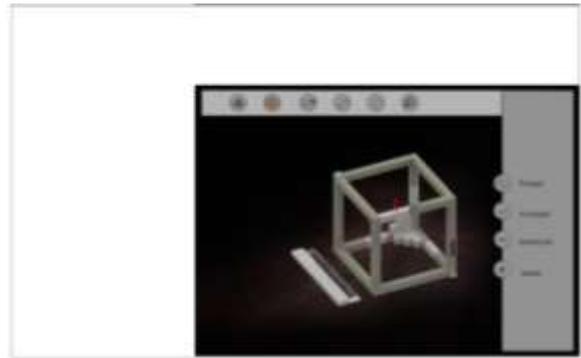


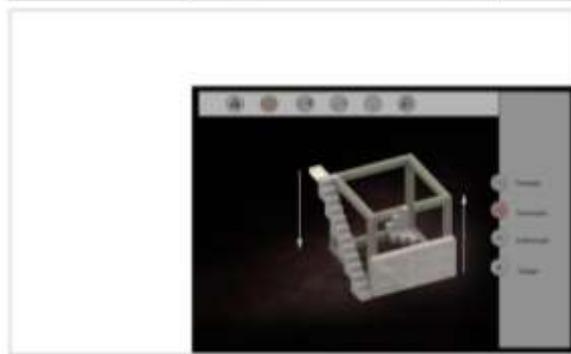
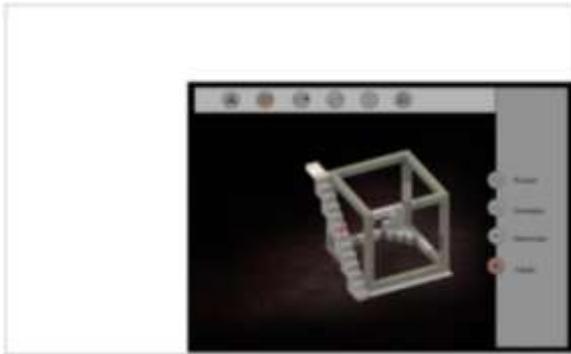


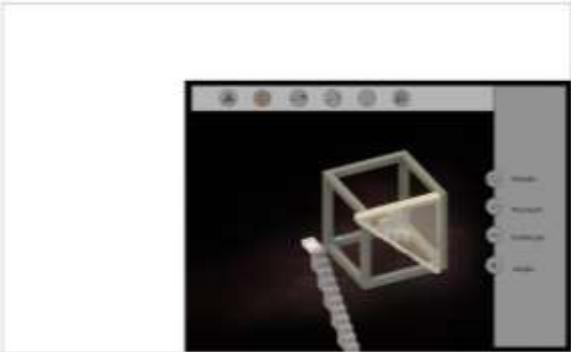
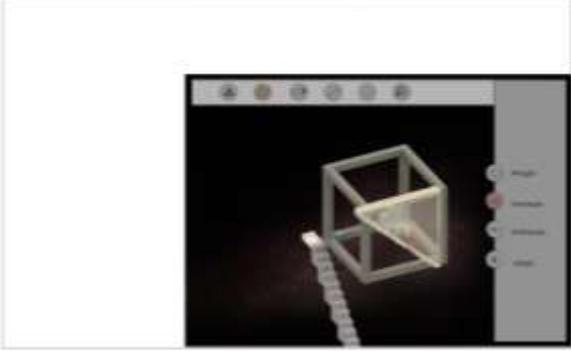
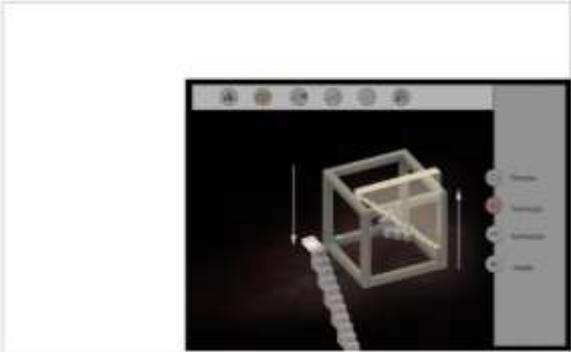
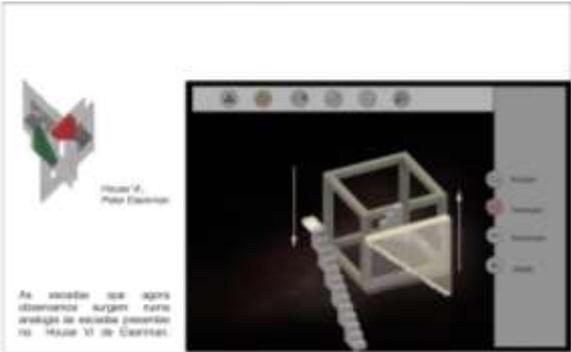


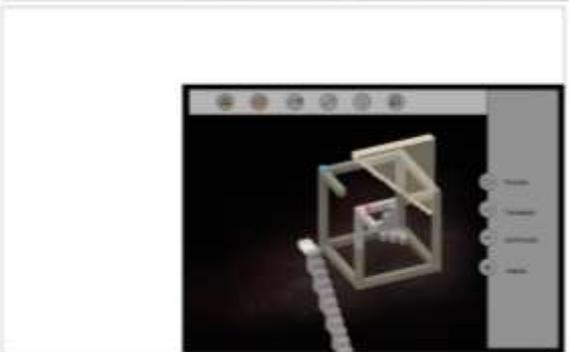
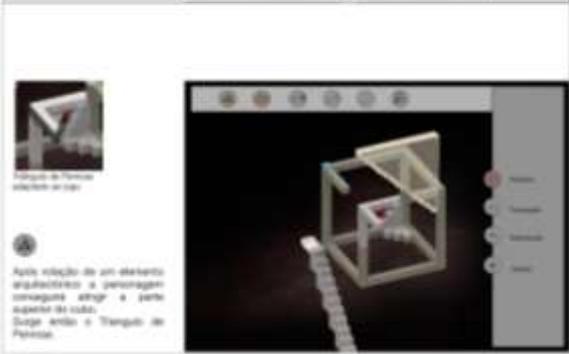
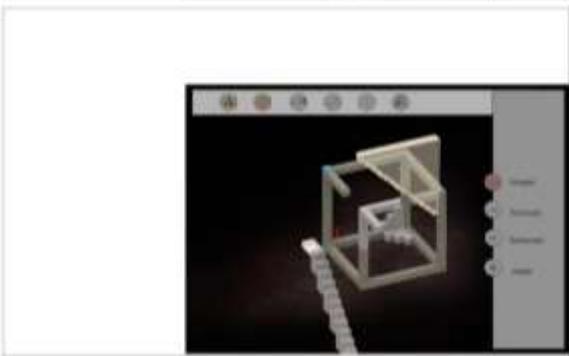
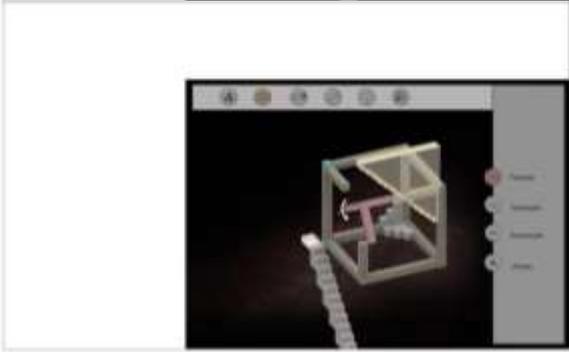
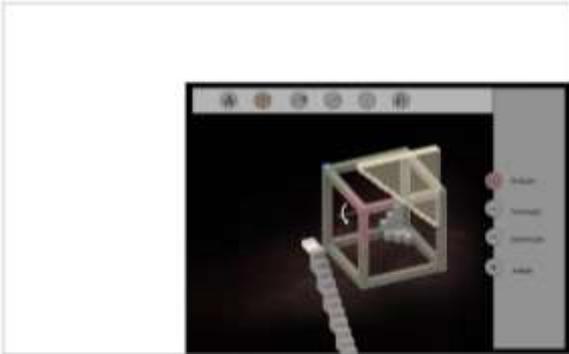


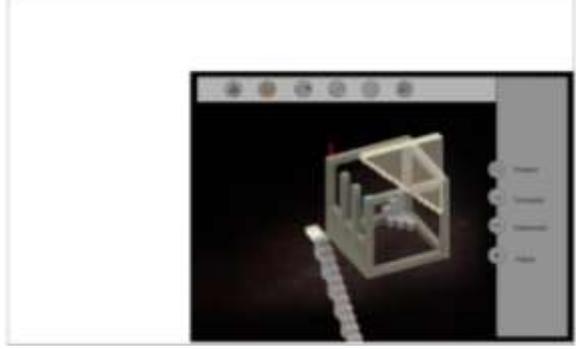
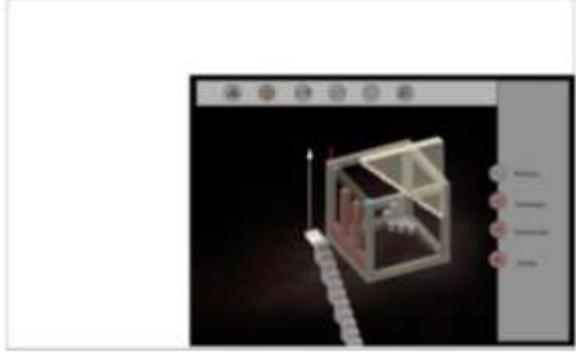
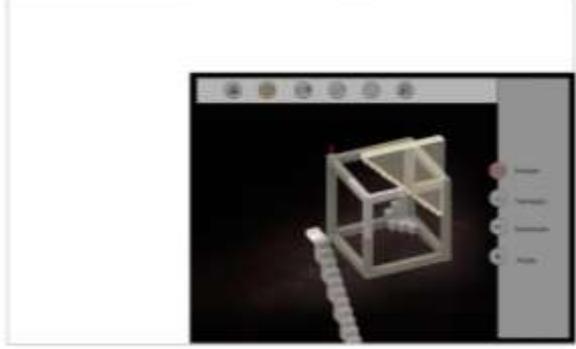
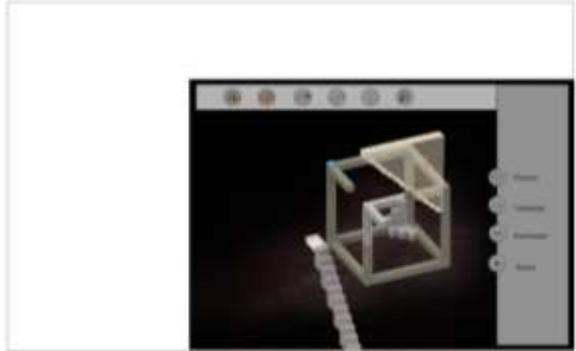
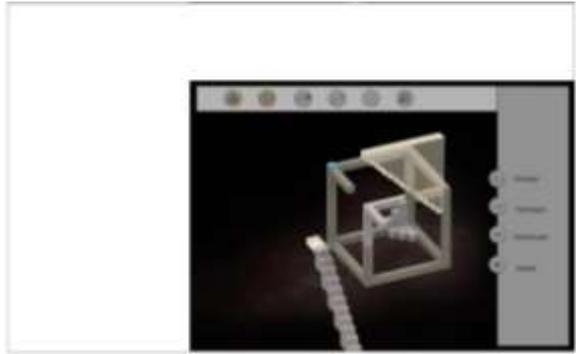


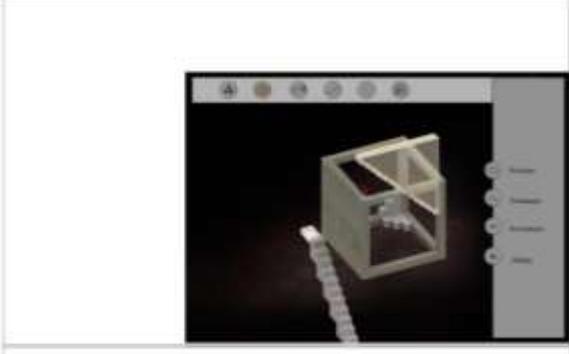
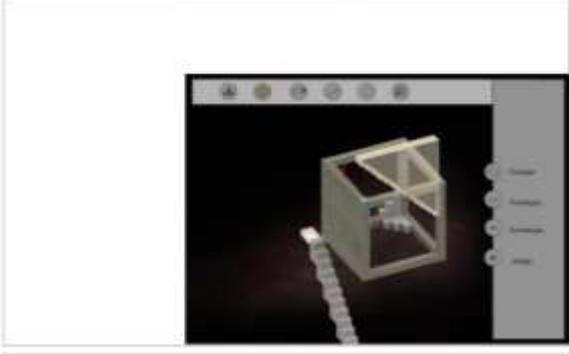
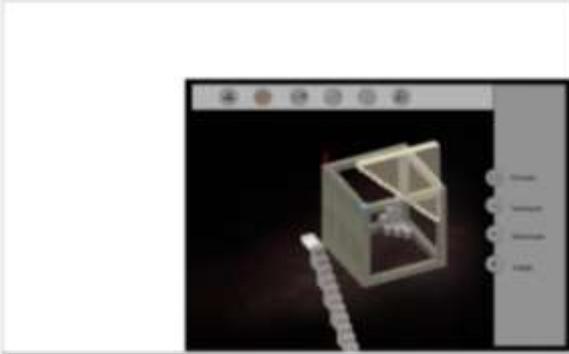
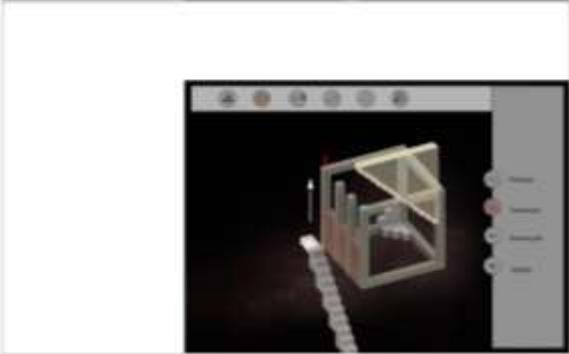


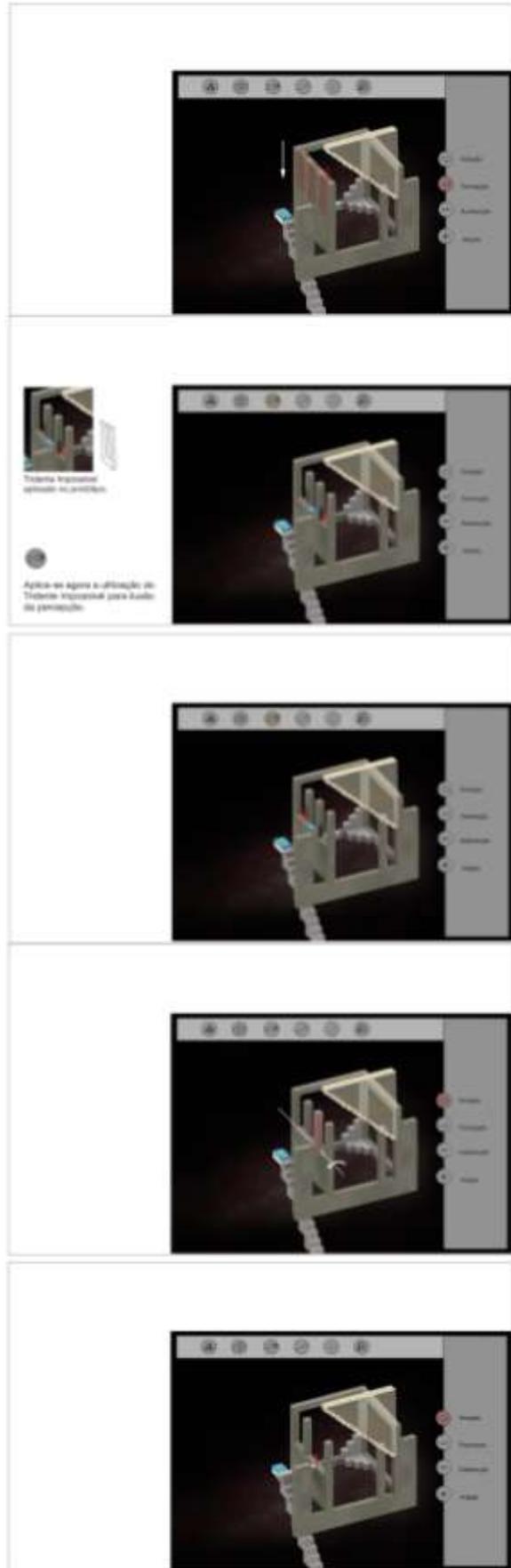


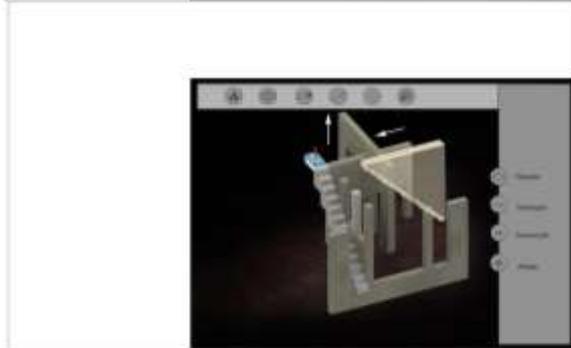
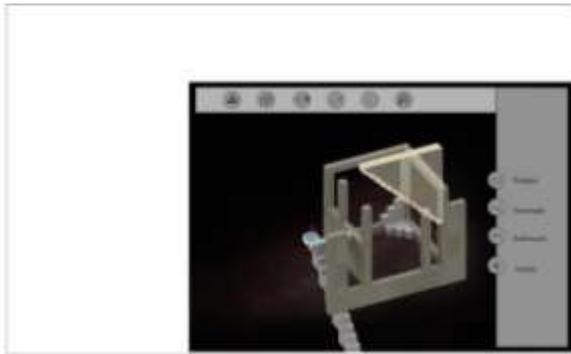


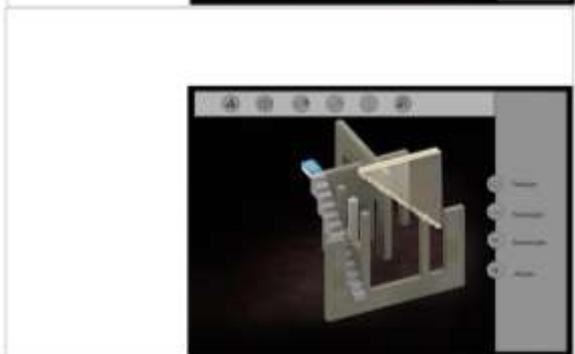
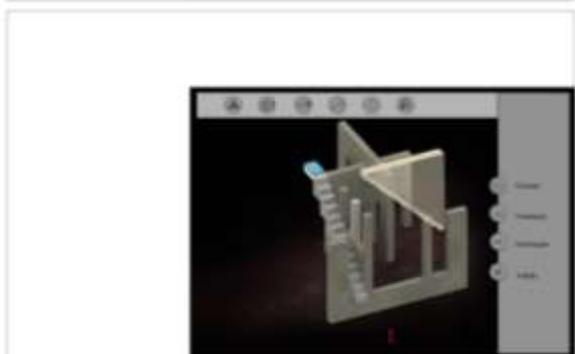
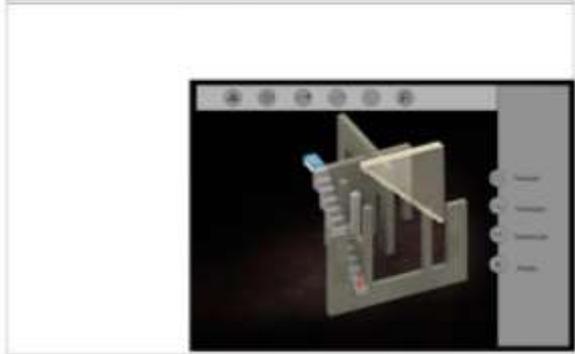
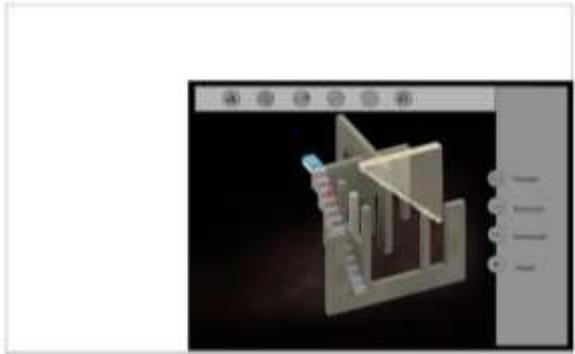






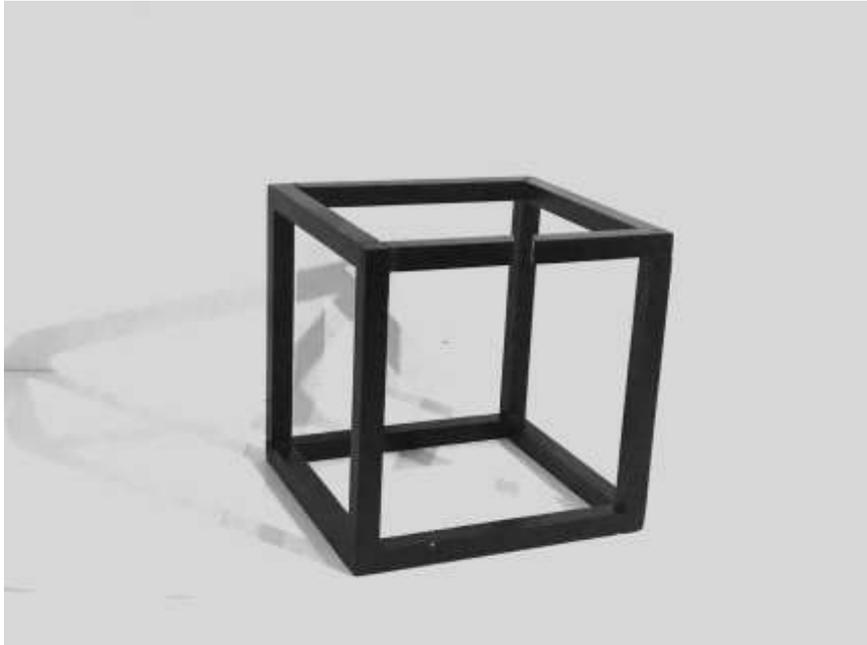




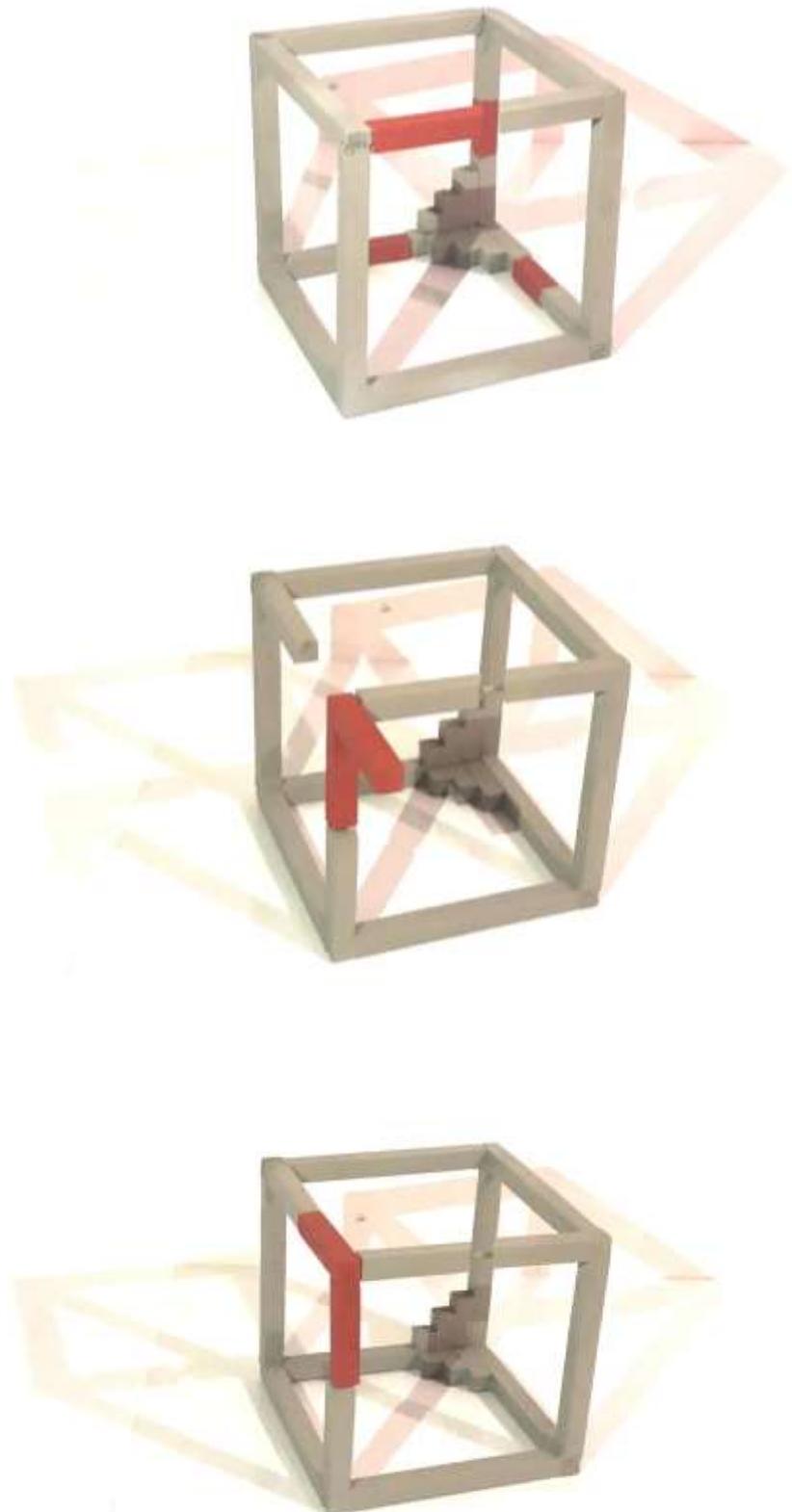


E- FOTOS DAS MAQUETES

1- Triângulo de Penrose e Cubo de Necker



2- Demonstração de partes do protótipo



3- Estudos das casas de Peter Eisenma



