

MARCO ANTÓNIO RIBEIRO DA CUNHA

**TRANSFORMAÇÃO DE MODELOS
TRIDIMENSIONAIS**

PENSAR COM AS MÃOS EM ARQUITETURA

**Orientador: Prof. Doutor Pedro Filipe Coutinho Cabral d'Oliveira
Quaresma**

Universidade Lusófona de Humanidades e Tecnologias

Departamento de Arquitetura

Lisboa

2019

MARCO ANTÓNIO RIBEIRO DA CUNHA

**TRANSFORMAÇÃO DE MODELOS
TRIDIMENSIONAIS**

PENSAR COM AS MÃOS EM ARQUITETURA

Dissertação defendida em provas públicas na
Universidade Lusófona de Humanidades e
Tecnologias no dia 02/12/2019, perante o júri,
nomeado pelo Despacho de Nomeação nº
289/2019 de 20 de Novembro de 2019 , com a
seguinte composição:

Presidente: Professora Doutora Filipa Alexandra
Gomes da Silva Oliveira Antunes

Arguente: Professor Doutor Bernardo de Castro
Norton Vaz Pinto

Orientador: Professor Doutor Pedro Filipe
Coutinho Cabral d'Oliveira Quaresma

Universidade Lusófona de Humanidades e Tecnologias

Departamento de Arquitetura

Lisboa

2019

Toquei em todas as teclas necessárias, em todos os
pontos arquitectónicos.

Touched at all necessary keys, at all architectural
points.

Eduardo Souto de Moura

Agradecimentos:

Primeiramente, gostaria de agradecer aos meus pais, pelo seu grande esforço, trabalho e dedicação. Eles permitiram-me sonhar e alcançar a minha paixão pela arquitetura.

À minha namorada Mafalda, que sempre me incentivou a ir atrás dos meus objetivos, e nos dias mais difíceis me apoiou incondicionalmente.

Também ao Paulo e à Arminda pelo apoio.

Um obrigado muito especial aos meus colegas de curso, cada um à sua maneira, contribuiu para o meu processo evolutivo.

Aos meus amigos do surf, António e Diogo, por estarem sempre presentes, durante este processo.

A todos os professores da Universidade Lusófona do curso de arquitetura, um muito obrigado, por toda a sabedoria transmitida, moldando a minha posição perante a arquitetura.

O meu mais sincero obrigado ao Arq. Eduardo Souto de Moura, e ao seu atelier por me terem disponibilizado os desenhos do projeto da Casa de Cascais para a elaboração do meu estudo.

E por fim, um agradecimento especial, ao Prof. Doutor Arq. Filipe Coutinho Quaresma, que me orientou e auxiliou nesta dissertação, dando um contributo fundamental com a sua enorme experiência.

RESUMO

A presente dissertação aborda os modelos tridimensionais e as suas transformações durante o processo criativo. Estes surgem na arquitetura com o propósito de representar projetos de arquitetura a uma escala reduzida. Desde maquetes em diversos materiais, às plataformas e às novas tecnologias, o objetivo é testá-los na sua realidade construtiva e a sua presença no local em estudo.

Os modelos tridimensionais estão divididos em dois tipos de instrumentos operativos: os analógicos e os digitais. Dentro dos instrumentos operativos analógicos temos as maquetes em diversos tipos de materiais, ou seja, produzidos através do “pensar com as mãos”, como afirma Alberto Campo Baeza (2013) na sua obra igualmente denominada de *Pensar com as mãos*, citando *A Caverna* de José Saramago, “os criadores têm como pequenos cérebros nas pontas dos dedos” (p.11), desta forma o arquiteto prolonga a sua criatividade para o mundo real e não só através de uma folha plana. Já nos instrumentos operativos digitais, temos várias plataformas, desde os Computer Aided-Design (CAD), os Building Information Modeling (BIM) e as paramétricas, todas elas foram evoluindo com o objetivo de acompanhar e melhorar a arquitetura, providenciando maior produtividade aos ateliers.

Mas será que os modelos tridimensionais digitais e as novas plataformas tecnológicas, garantem um melhor processo criativo da forma em comparação aos instrumentos operativos analógicos? Que impactos, no processo de transformação dos modelos arquitetónicos estes têm: agilizam ou tornam mais demorada a obtenção de resultados? Como melhor nos adaptaremos a este processo de trabalho? A reflexão que o operar nas transformações das formas nos obriga, será potenciadora de uma melhor performance criativa?

A presente dissertação, pretende responder às questões anteriores, através de um estudo sobre modelos tridimensionais, utilizando um projeto construído, a Casa de Cascais do arquiteto Eduardo Souto de Moura, explorando a manualidade nas várias possibilidades de conceção e representação através de maquetes em Lego, massa modular, k-line, e nas plataformas, ‘CAD’, ‘BIM’, paramétricas e também impressão 3D. Este estudo segue uma lógica desenvolvida através de fichas de trabalho, com várias premissas, e onde uma delas é entender as transformações executadas pelo autor, tendo em conta a analogia em estudo do projeto da casa de Cascais de Eduardo Souto de Moura.

Palavras-Chave: Analógico, Digital, Manualidade, Modelo, Transformação

ABSTRACT

The present dissertation approaches the three-dimensional models and their transformations during the creative process. These arise in architecture for the purpose of representing architecture projects on a reduced scale. From models in different materials to platforms and new technologies, the objective is to test them, their constructive reality and their presence in the place under study.

Three-dimensional models are divided into two types of operating instruments: analog and digital. Within the analogical operating instruments we have the models in different types of materials, that is, produced by "thinking with the hands", as Alberto Campo Baeza (2013) affirms in his work also called *Thinking with his hands*, quoting *A Caverna* of José Saramago, "Creators have as little brains at their fingertips," (p.11) so the architect extends his creativity to the real world and not only through a flat sheet. In digital operative instruments, we have several platforms, like Computer Aided-Design (CAD), Building Information Modeling (BIM) and parametric, all of them were evolving with the objective of monitoring and improving the architecture, providing a higher productivity to the workshops.

But will digital three-dimensional models and new technology platforms ensure a better creative process compared to analogue operating instruments? What impacts, in the process of transformation of the architectural models these have: do they speed up or delay results? How best will we adapt to this work process? The reflection that the operation in the transformations of the forms obliges us, will it be an enhancer of a better creative performance?

The present dissertation intends to answer the previous questions, through a study on three - dimensional models, using a constructed project, the Casa de Cascais by the architect Eduardo Souto de Moura, exploring the manual dexterity, diversifying design possibilities of representation through lego, modular mass, k-line, and CAD, BIM, parametric and 3D printing. This study follows a logic developed through worksheets, with several premises, and where one of them is to understand the transformations executed by the author, taking into account the analogy in study of the project of the Cascais house by Eduardo Souto de Moura.

Palavras-Chave: Analog, Digital, Manual Dexterity, Model, Transformation

ABREVIATURAS E SÍMBOLOS

'3D' – Three Dimensions

'BIM' – Building Information Modeling

'CAD' – Computer Aided Design

'CAAD' - Computer Aided Architecture Design

'NURBS' – Non-Uniform Rational B-Splines

ÍNDICE GERAL

Epígrafe.....	II
Agradecimentos.....	III
Resumo.....	IV
Abstract.....	V
Abreviaturas e Símbolos.....	VI
Índice	
Geral.....	VII
Índice de Figuras.....	IX
INTRODUÇÃO	1
PARTE I – MODELOS TRIDIMENSIONAIS	
1.1 O QUE SÃO MODELOS TRIDIMENSIONAIS?	3
1.2 A IMPORTÂNCIA DOS MODELOS TRIDIMENSIONAIS NO DESENVOLVIMENTO DE CONCEITOS ARQUITETÓNICOS.....	4
1.3 O QUE É O PENSAR COM AS MÃOS EM ARQUITECTURA?	5
1.4 MODELOS TRIDIMENSIONAIS NAS PLATAFORMAS DIGITAIS.....	7
PARTE II – ESTADO DA ARTE	
2.1 ENQUADRAMENTO SOBRE MODELOS TRIDIMENSIONAIS SEGUNDO JOSÉ MATEUS E BRANKO KOLAREVIC.....	8
PARTE III – COMPOSIÇÃO DOS MODELOS TRIDIMENSIONAIS	
3.1. CARACTERÍSTICAS DOS MODELOS.....	14
3.1.1 Comunicação.....	14
3.1.2 Construtividade.....	16
3.1.3 Escala Humana.....	18
3.1.4 Estrutura.....	19
3.1.5 Luz.....	20
3.1.6 Morfologia.....	22
3.1.7 Orgânica.....	24
3.2. INSTRUMENTOS OPERATIVOS.....	26
3.2.1 Instrumentos operativos analógicos de criação e transformação da forma.....	26
1. Maquetas.....	26

3.2.2 Instrumentos operativos digitais de criação e transformação da forma.....	26
1. CAD - Computer-Aided Design.....	26
2. CAAD - Computer-Aided Architectural Design.....	29
3. BIM - Building Information Modeling.....	30
4. Design de formas paramétricas.....	34
5. Impressão de formas 3D.....	36
3.3. A MANUALIDADE NA PRODUÇÃO ARQUITECTÓNICA.....	37

PARTE IV – CASOS DE ESTUDO

4.1. MAQUETES ESCOLA SUPERIOR TÉCNICA DO BARREIRO ARX PORTUGAL.....	39
4.2. CONCEITO ATRAVÉS DA FORMA LEGO HOUSE BJARKE INGELS GROUP.....	42
4.3. MODELOS TRIDIMENSIONAIS DIGITAIS KAZUYO SEJIMA & RYUE NISHIZAWA SANNA ROLEX LEARNING CENTER.....	45

PARTE V – O PENSAR COM AS MÃOS EM ARQUITECTURA

5.1. MODELO DE ESTUDO CASA DE CASCAIS EDUARDO SOUTO DE MOURA.....	49
5.2. PENSAR COM AS MÃOS TRANSFORMAÇÃO DO MODELO DE ESTUDO.....	52
5.3. ESTUDO PENSAR COM AS MÃOS.....	54
5.3.1 Lego.....	54
5.3.2 Lego Transformação.....	57
5.3.3 Massa Modular	60
5.3.4 Massa Modular Transformação.....	62
5.3.5 K-Line	64
5.3.6 K-Line Transformação.....	66
5.3.7 CAD.	69
5.3.8 CAD Transformação.....	72
5.3.9 REVIT	74
5.3.10 REVIT Transformação.....	77
5.3.11 Impressão 3D.....	80
5.3.12 Impressão 3D Transformação.....	84
5.3.13 Modelo Paramétrico Grasshopper	89
5.3.14 Modelo Paramétrico Grasshopper Transformação.....	95

PARTE VI – RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1. CONCLUSÕES.....	103
6.2. LIMITAÇÕES NA APLICAÇÃO ENCONTRADAS.....	107
6.2.1 Instrumentos Analógicos.....	107
6.2.1 Instrumentos Digitais	107
6.3. TRABALHO FUTURO.....	108
BIBLIOGRAFIA ESPECÍFICA	111
BIBLIOGRAFIA GERAL.....	112
FILMES	113
PAPERS E ABSTRACTS	113
PERÍODICOS	114
TESES E DISSERTAÇÕES	115
ANEXO 1 – FICHAS DE TRABALHO.....	116
ANEXO 2 - DESENHOS DA CASA DE CASCAIS MODELO DE ESTUDO EDUARDO SOUTO DE MOURA.....	130
ANEXO 3 - CLOSE, CLOSER '11 / # DISTÂNCIA CRÍTICA KAZUYO SEJIMA	137
ANEXO 4 - EXPOSIÇÃO GARAGEM SUL ARX PORTUGAL MAQUETES	141

ÍNDICE DE FIGURAS

PARTE I – MODELOS TRIDIMENSIONAIS

1.3 PENSAR COM AS MÃOS EM ARQUITECTURA?

Figura 1 – Pensar com as mãos. Maquete executada pelo autor para o EWWUD 2012.....	6
---	---

PARTE II – ESTADO DA ARTE

2.1 ENQUADRAMENTO SOBRE MODELOS TRIDIMENSIONAIS SEGUNDO NUNO MATEUS E BRANKO KOLAREVIC

Figura 2 - Casas da alma em terracota com pátio de oferendas, Império Médio, 1900 a.C., Fonte: http://www.vitruvius.com.br/revistas/read/arquitextos/12.137/4037	8
Figura 3 - Base do Modelo do Rei Sety I em quartzito, procedente de Tell el Yahudiya, XIX Dinastia, – Fonte: http://www.vitruvius.com.br/revistas/read/arquitextos/12.137/4037	8
Figura 4 - Catedral Santa Maria Dei Fiori, Florença, vista aérea do Palácio Vecchio, Florença (2017) Fotografias tiradas pelo autor em Florença.....	10
Figura 5 - Maquete da catedral de Santa Maria del Fiori na Cripta di Santa Reparata, Florença (2017). Fotografias tiradas pelo autor em Florença.....	10
Figura 6 – Casa Farnsworth de Mies Van Der Rohe. Fonte: Architectural Monographs 11 - Mies Van der Rohe - European Works.....	10
Figura 7 – Casa Farnsworth de Mies Van Der Rohe. Fonte: Architectural Monographs 11 - Mies Van der Rohe - European Works.....	10
Figura 8 – Casa Farnsworth e Mies Van Der Rohe observando a maquete do projeto. Fonte: Architectural Monographs 11 - Mies Van der Rohe - European Works.	10
Figura 9 - BMW Welt (2016) Coop Himmelblau, Munique. Fotografia tirada pelo autor em Munique.....	11

PARTE III – COMPOSIÇÃO DOS MODELOS TRIDIMENSIONAIS

3.1. CARACTERÍSTICAS DOS MODELOS

Figura 10 – Michelangelo, Palácio Farnese em Roma Fonte: ZEVI, Bruno, A linguagem Moderna da Arquitectura, p.32.....	15
Figura 11 – Maquete da Caja General de Granada. Fonte: Alberto Campo Baeza – A Ideia construída , p.81.....	21
Figura 12 - “Outside the box” Fonte: ZEVI, Bruno, A linguagem Moderna da Arquitectura, p.20.....	23

Figura 13 - “Outside the box” Fonte: ZEVI, Bruno, A Linguagem Moderna da Arquitectura, p.35.....	25
Figura 14 - Zanmella - Beach House Wireframe – Fonte: http://www.turbosquid.com/3d-models/beach-house-3d-model/578819	28
Figura 15 – Modelo CAAD’ da Jade Architectural Design - Fonte: http://www.jadearchitecturaldesign.co.nz	30
Figura 16 – interface do ‘DYNAMO’, extensão do Revit Fonte: http://www.theprovingground.org/2013/06/dynamo-visual-programming-for-bim.html ..	35

PARTE IV – CASOS DE ESTUDO

4.1. MAQUETES | ESCOLA SUPERIOR TÉCNICA DO BARREIRO | ARX PORTUGAL

Figura 17 - Maquetas Escola Superior Técnica do Barreiro – ARX Portugal Fonte: NEVES, José (2007). Arquitecturas, p.117 e 119.....	40
Figura 18 - Maquetas Escola Superior Técnica do Barreiro – ARX Portugal Fonte: NEVES, José (2007). Arquitecturas, p.117 e 119.....	40
Figura 19 - Maqueta Escola Superior Técnica do Barreiro – ARX Portugal Fonte: NEVES, José, Arquitecturas, p.121.....	41

4.2. CONCEITO ATRAVÉS DA FORMA | LEGO HOUSE | BJARKE INGELS GROUP

Figura 20 - Esquema desenhado pelo autor, sobre o projecto Lego House dos Bjarke Ingels Group, BIG, Billund, Dinamarca.....	42
Figura 21 - Bjarke Ingels Group, BIG, Lego House, Billund, Dinamarca - Fonte: https://big.dk/#projects-leg	43
Figura 22 - Bjarke Ingels Group, BIG, Lego House, Billund, Dinamarca - Fonte: https://big.dk/#projects-leg	43
Figura 23 - Bjarke Ingels Group, BIG, Lego House, Billund, Dinamarca - Fonte: https://big.dk/#projects-leg	43
Figura 24 - Bjarke Ingels Group, BIG, Lego House, Billund, Dinamarca - Fonte: https://big.dk/#projects-leg	43
Figura 25 - Bjarke Ingels Group, BIG, Lego House, Billund, Dinamarca - Fonte: https://big.dk/#projects-leg	44
Figura 26 - Bjarke Ingels Group, BIG, Lego House, Billund, Dinamarca - Fonte: https://big.dk/#projects-leg	44

4.3. MODELOS 3D| KAZUYO SEJIMA & RYUE NISHIZAWA | SANAA

Figura 27 - Rolex Learning Center, Kazuyo Sejima & Ryue Nishizawa, SANAA, Lausanne, Suíça, 2019 - Fotografia tirada pelo autor.....	45
Figura 28 - Kazuyo Sejima, SANAA, Rolex Learning Center, Lausanne, Suíça, 2010 - Fonte: http://www.revistaveneza.wordpress.com/	46

Figura 29 - Rolex Learning Center, Kazuyo Sejima & Ryue Nishizawa, SANAA, Lausanne, Suíça, 2019 - Fotografia tirada pelo autor.....	47
Figura 30 - Rolex Learning Center, Kazuyo Sejima & Ryue Nishizawa, SANAA, Lausanne, Suíça, 2019 - Fotografia tirada pelo autor.....	48

PARTE V – PENSAR COM AS MÃOS EM ARQUITECTURA

5.1. MODELO DE ESTUDO| CASA DE CASCAIS | EDUARDO SOUTO DE MOURA

Figura 31 - Casa de Cascais de Eduardo Souto de Moura - Fonte: Google Earth.....	49
Figura 32 – Casa em Cascais de Eduardo Souto de Moura - Fonte: http://www.revistaveneza.wordpress.com/	50

5.2. PENSAR COM AS MÃOS| TRANSFORMAÇÃO DO MODELO DE ESTUDO

Figura 33 - Esboços de uma nova forma, criados pelo autor, tendo como base o projeto da Casa Cascais de Eduardo Souto de Moura.....	52
Figura 34 - Maquete criada pelo autor tendo como base o projeto da Casa Cascais de Eduardo Souto de Moura.....	52
Figura 35 - Esboços de uma nova forma, mais orgânica, criada pelo autor, tendo como base o projeto da Casa Cascais de Eduardo Souto de Moura.....	53
Figura 36 - Maquete criada pelo autor tendo como base o projeto da Casa Cascais de Eduardo Souto de Moura.....	53

5.3. ESTUDO | PENSAR COM AS MÃOS

Figura 37 - Primeira maquete em LEGO, executada pelo autor, tendo como base o projeto da Casa de Cascais de Eduardo Souto de Moura.....	54
Figura 38 – Peças de Lego utilizadas para a elaboração dos estudos tridimensionais..	55
Figura 39 - Maquete em LEGO, criada pelo autor, tendo como base o projeto da Casa Cascais de Eduardo Souto de Moura.....	57
Figura 40 - Maquete em LEGO, criada pelo autor, tendo como base o projeto da Casa Cascais de Eduardo Souto de Moura.....	59
Figura 41 - Maquetes em LEGO, criadas pelo autor, tendo como base o projeto da Casa Cascais de Eduardo Souto de Moura.....	59
Figura 42 - Processo de modelação da massa, elaborado pelo autor, tendo como base o projeto da Casa Cascais de Eduardo Souto de Moura.....	60
Figura 43 - Maquete em massa modular, criada pelo autor, tendo como base o projeto da Casa Cascais de Eduardo Souto de Moura.....	61
Figura 44 - Base modular em massa, criada pelo autor, tendo como base o projeto da Casa Cascais de Eduardo Souto de Moura.....	62

Figura 45 - Maquete em massa modular da transformação, criada pelo autor, tendo como base o projeto da Casa Cascais de Eduardo Souto de Moura.....	63
Figura 46 - Maquetes em k-line, criada pelo autor, tendo como base o projeto da Casa Cascais de Eduardo Souto de Moura.....	66
Figura 47 - Maquete em k-line da transformação, criada pelo autor, tendo como base o projeto da Casa Cascais de Eduardo Souto de Moura.....	68
Figura 48 - Maquetes em k-line, executadas pelo autor, tendo como base o projeto da Casa de Cascais de Eduardo Souto de Moura.....	69
Figura 49 - Modelo tridimensional CAD, criado pelo autor, tendo como base o projeto da Casa Cascais de Eduardo Souto de Moura.....	70
Figura 50 - Modelo tridimensional CAD, criado pelo autor, tendo como base o projeto da Casa Cascais de Eduardo Souto de Moura.....	71
Figura 51 - Modelo tridimensional CAD de transformação, criado pelo autor, tendo como base o projeto da Casa Cascais de Eduardo Souto de Moura.....	74
Figura 52 - Modelo tridimensional Revit, criado pelo autor, tendo como base o projeto da Casa Cascais de Eduardo Souto de Moura.....	76
Figura 53 - Modelo tridimensional Revit, criado pelo autor, tendo como base o projeto da Casa Cascais de Eduardo Souto de Moura.....	76
Figura 54 - Modelo tridimensional de Revit - transformação, criado pelo autor, tendo como base o projeto da Casa Cascais de Eduardo Souto de Moura.....	79
Figura 55 - Modelo tridimensional de Revit - transformação, criado pelo autor, tendo como base o projeto da Casa Cascais de Eduardo Souto de Moura.....	79
Figura 56 - Impressoras 3D. Fotografia no LABTEC da Universidade Lusófona de Humanidades e Tecnologias de Lisboa.....	80
Figura 57 - Filamento para impressão. Fotografia no LABTEC da Universidade Lusófona de Humanidades e Tecnologias de Lisboa.....	80
Figura 58 – Modelo tridimensional stl, para impressão 3D, criado pelo autor, tendo como base o projeto da Casa Cascais de Eduardo Souto de Moura (imagem fornecida pelo LABTEC da Universidade Lusófona de Humanidades e Tecnologias de Lisboa para efeitos de orçamento)	82
Figura 59 - Impressão de modelo 3D, tendo como base o projeto da Casa de Cascais de Eduardo Souto de Moura. Fotografia do autor no LABTEC da Universidade Lusófona de Humanidades e Tecnologias de Lisboa.....	82
Figura 60 - Modelo tridimensional impresso em 3D através de filamento, executado pelo autor, tendo como base o projeto da Casa Cascais de Eduardo Souto de Moura. Impressão executada no LABTEC da Universidade Lusófona de Humanidades e Tecnologias de Lisboa.....	83

Figura 61 - Modelo tridimensional stl – transformação, para impressão 3D, executada pelo autor, tendo como base o projeto da Casa Cascais de Eduardo Souto de Moura (imagem fornecida pelo LABTEC da Universidade Lusófona de Humanidades e Tecnologias de Lisboa para efeitos de orçamento)	84
Figura 62 - Visualização do modelo tridimensional stl – transformação, para impressão 3D, executado pelo autor, tendo como base o projeto da Casa Cascais de Eduardo Souto de Moura (imagem fornecida pelo LABTEC da Universidade Lusófona de Humanidades e Tecnologias de Lisboa)	85
Figura 63 - Visualização da impressão um suporte criado pela impressora 3D quando a base é curva. Fotografia do autor no LABTEC da Universidade Lusófona de Humanidades e Tecnologias de Lisboa.....	86
Figura 64 – Visualização da impressão do modelo de transformação. Fotografia do autor no LABTEC da Universidade Lusófona de Humanidades e Tecnologias de Lisboa.....	87
Figura 65 – Impressão da cobertura. Fotografia do autor no LABTEC da Universidade Lusófona de Humanidades e Tecnologias de Lisboa.....	87
Figura 66 – Modelo tridimensional impresso em 3D, executado pelo autor, tendo como base o projeto da Casa Cascais de Eduardo Souto de Moura. Impressão executada no LABTEC da Universidade Lusófona de Humanidades e Tecnologias de Lisboa.....	88
Figura 67 - Modelos tridimensionais impressos em 3D, executado pelo autor, tendo como base o projeto da Casa Cascais de Eduardo Souto de Moura. Impressão executada no LABTEC da Universidade Lusófona de Humanidades e Tecnologias de Lisboa.....	89
Figura 68 – Elementos geradores paramétrico, executado pelo autor, tendo como base o projeto da Casa Cascais de Eduardo Souto de Moura.....	90
Figura 69 – Divisão do espaço e paredes do corredor, modelo paramétrico, executado pelo autor, tendo como base o projeto da Casa Cascais de Eduardo Souto de Moura.....	90
Figura 70 – Divisão do espaço e paredes dos quartos, cozinha e sala, modelo paramétrico, executado pelo autor, tendo como base o projeto da Casa Cascais de Eduardo Souto de Moura.....	91
Figura 71 – Espessura das paredes, modelo paramétrico, executado pelo autor, tendo como base o projeto da Casa Cascais de Eduardo Souto de Moura.....	91
Figura 72 – Espessura das paredes, modelo paramétrico, executado pelo autor, tendo como base o projeto da Casa Cascais de Eduardo Souto de Moura.....	92
Figura 73 – Extrusão dos vários elementos, modelo paramétrico, executado pelo autor, tendo como base o projeto da Casa Cascais de Eduardo Souto de Moura.....	92

Figura 74 – Espessura das paredes, modelo paramétrico, executado pelo autor, tendo como base o projeto da Casa Cascais de Eduardo Souto de Moura.....	93
Figura 75 – Modelo paramétrico, executado pelo autor, tendo como base o projeto da Casa Cascais de Eduardo Souto de Moura.....	95
Figura 76 – Elementos geradores paramétrico de transformação, executado pelo autor, tendo como base o projeto da Casa Cascais de Eduardo Souto de Moura.....	96
Figura 77 – Execução do piso -1 paramétrico da transformação executada pelo autor, tendo como base o projeto da Casa Cascais de Eduardo Souto de Moura.....	96
Figura 78 – Execução das paredes interiores do modelo paramétrico de transformação, executado pelo autor, tendo como base o projeto da Casa Cascais de Eduardo Souto de Moura.....	97
Figura 79 – Execução das paredes interiores do modelo paramétrico de transformação, executado pelo autor, tendo como base o projeto da Casa Cascais de Eduardo Souto de Moura.....	98
Figura 80 – Extrusão das paredes do modelo paramétrico de transformação, executado pelo autor, tendo como base o projeto da Casa Cascais de Eduardo Souto de Moura...	99
Figura 81 – Espessura das paredes e lajes do modelo paramétrico de transformação, executado pelo autor, tendo como base o projeto da Casa Cascais de Eduardo Souto de Moura.....	99
Figura 82 – Execução dos recortes na cobertura do modelo paramétrico de transformação, executado pelo autor, tendo como base o projeto da Casa Cascais de Eduardo Souto de Moura.....	100
Figura 83 – Modelo paramétrico de transformação, executado pelo autor, tendo como base o projeto da Casa Cascais de Eduardo Souto de Moura.....	102

PARTE VI – RESULTADOS E DISCUSSÃO

Figura 84 - Box em k-line executada pelo autor para guardar as maquetas do estudo.	103
Figura 85 - Todas as maquetes analógicas executadas pelo autor para este estudo.....	110

INTRODUÇÃO

Nesta dissertação, são abordados temas relacionados com a geração de modelos tridimensionais em arquitetura, focando a experimentação dos modelos através da reflexão manual e digitais das formas arquitetónicas.

Pretende-se aprender e desenvolver competências no campo do desenvolvimento de modelos tridimensionais em arquitetura, mais especificamente, a experimentação material e virtual. Por outro lado, mostrar a importância de reflexão através das mãos, que cada vez mais, vai sendo disponibilizada pelas plataformas virtuais. O processo criativo suportado pela manipulação formal e material é importantíssimo para o desenvolvimento de um projeto de arquitetura, sobrepondo-se à rigidez característica da curva de aprendizagem das plataformas de computador. Este estudo, pretende fazer uma crítica à acção da exploração da forma através das suas ferramentas ancestrais (as maquetes do edifício, desenhos à mão levantada, protótipos de elementos de ornamentos ensaiados em contexto de estaleiro, etc.)

Primeiramente, vão ser abordadas quatro questões que vão introduzir o estudo desta dissertação. Sendo elas: O que são os modelos tridimensionais? Qual a importância dos modelos tridimensionais? O que é o pensar com as mãos em arquitetura? O que são os Modelos tridimensionais nas plataformas digitais?

Como introdução ao estado da arte, na transformação de modelos tridimensionais, vão ser expostos dois pontos de vista assentes no estudo do Arquiteto Nuno Mateus (atelier ARX Portugal) sobre a importância da maquete física no desenvolvimento da arquitetura, e no estudo do Professor Branko Kolarevic (Universidade de Calgary do Canada) sobre os modelos digitais.

Para entender o que são modelos tridimensionais, é necessário perceber a sua composição formal e plástica. Desta forma, este estudo vai mostrar as características dos modelos na sua relação com o ser humano e com a arquitetura. Por outro lado, e como não existe só uma forma de criar modelos representativos de um conceito, serão descritos os vários tipos de instrumentos operativos, os analógicos e os digitais.

Para perceber as potencialidades e limitações destas duas ferramentas de exploração da forma, a maquete física e o modelo virtual, vão ser utilizados alguns casos de estudo: a Escola Superior Tecnológica do Barreiro (ESTB) do atelier ARX Portugal dos arq. Nuno

Mateus e José Mateus, compreendendo a maquete como instrumento operativo analógico; a LEGO House dos Bjarke Ingels Group (BIG) abordando a volumetria do edifício como conceito através da forma (peças lego) e o Rolex Center dos Sejima and Nishizawa and Associates (SANAA) pelo facto dos arquitetos desenvolverem os projetos utilizando as duas ferramentas.

O estudo principal desta dissertação, passará pelo desenvolvimento da Casa de Cascais do Arquitecto Eduardo Souto de Moura, através de instrumentos operativos analógicos e digitais, seguida de uma transformação da sua forma, com o objetivo de comparar por meio de análise das diferentes ações operativas de transformação (observações cujos resultados se encontram nas fichas de trabalho anexadas), a operatividade dos modelos nos vários tipos de materiais e também em plataformas digitais. As fichas de trabalho são assentes em quatro tópicos; objetivos, processos, ferramentas e resultados. Os materiais utilizados nos modelos são LEGOS, massa modular e k-line. Em relação às plataformas digitais, serão em CAD (AutoCAD), em BIM (REVIT) e também numa plataforma paramétrica o Grasshopper plug-in do Rhinoceros. Também será feito um estudo com maquete em impressão 3D. Pretende-se mostrar como as duas se complementam na conceção e na operatividade do trabalho com as mãos, independentemente do material ou plataforma utilizada.

Por fim, o estudo desta dissertação levará ao elencar mais valias da utilização de diferentes estratégias operativas, assente nas suas contribuições, nas limitações descobertas ao longo deste processo e em sugestões para trabalhos futuros.

PARTE I – MODELOS TRIDIMENSIONAIS

1.1 O QUE SÃO MODELOS TRIDIMENSIONAIS?

Os modelos tridimensionais, são principalmente objetos de representação e experimentação. Segundo Nuno Mateus (2013), “a investigação através da maquete procura também novos modelos perceptivos, construtivos, visuais e tácteis” (p.73). A sua volumetria tem sempre uma raiz geométrica, como por exemplo a forma de um cubo. Esta poderá ser alterada, mas ainda assim serão visíveis as diretrizes da sua geometria. Vejamos alguns dos seus significados relacionados com arquitetura, segundo o dicionário da língua portuguesa:

Modelo:

“imagem ou desenho que representa o objeto que se pretende reproduzir esculpindo, pintando ou desenhando”, “exemplo”, “forma”¹

Tridimensional:

“tem três dimensões (comprimento, largura e altura)”²

Posto isto, podemos entender os modelos tridimensionais como, a representação em três dimensões de um projeto de arquitetura, da sua forma e da sua volumetria a uma escala reduzida. A forma é a base da arquitetura. Sem forma não existe arquitetura. É ela que define as linhas gerais, a volumetria e até a história de um projeto. Ela também limita o espaço, causando sensações visuais ao ser humano. Os modelos tridimensionais estão assentes em três máximas da geometria, o comprimento, a largura e a altura também denominados por eixos cartesianos. São estas dimensões que determinam a forma de um volume. Esse volume pode ser desenhado, pintado ou esculpido até criar uma forma. Os modelos tridimensionais, podem ser considerados como desenhos, maquetes de arquitetura e modelos digitais e podem ser desenvolvidos em vários tipos de materiais, como o barro, a madeira e a pedra, isto numa fase mais primitiva da nossa civilização. Atualmente, podemos usar diferentes materiais como o k-line, a balsa, a massa modular e até imprimir modelos através de uma impressora 3D.

¹ *modelo* in Dicionário infopédia da Língua Portuguesa. Porto Editora, 2003-2019. Disponível na Internet: <https://www.infopedia.pt/dicionarios/lingua-portuguesa/modelo>

² *tridimensional* in Dicionário infopédia da Língua Portuguesa. Porto Editora, 2003-2019. Disponível na Internet: <https://www.infopedia.pt/dicionarios/lingua-portuguesa/tridimensional>

1.2 A IMPORTÂNCIA DOS MODELOS TRIDIMENSIONAIS NA ARQUITECTURA

Os modelos tridimensionais são imprescindíveis na conceção de projetos de arquitetura. Estes modelos também denominados de maquetes, acompanham a arquitetura desde o seu início, por vezes como ferramenta de conceção ou apenas como modelo de representação final de projeto. Vejamos alguns significados de maquete relacionados com arquitetura, segundo o dicionário da língua portuguesa:

Maquete:

“esboço em escala de redução, ou miniatura de obra de arte plástica, geralmente modelado em barro, gesso ou cera”

“reprodução em tamanho reduzido de um projeto arquitetónico ou de engenharia; réplica em miniatura de uma construção”³

Um dos aspetos mais importantes dos modelos tridimensionais, é a possibilidade de visualizar a forma de um edifício a escalas reduzidas, imaginando os espaços, o que possibilita uma leitura precisa antes da sua construção. “Refletir com as mãos”, possibilita uma rápida mudança numa maquete, tendo assim resultados imediatos. Como afirma Mateus (2013), “A maquete fomenta o processo vai-e-vem do nosso pensamento, de aproximação e distanciamento, da pendularidade ação-resposta e do encadeado circular do raciocínio pensar – construir – avaliar – pensar -construir – avaliar...,” (p.73). Vejamos alguns significados da forma relacionados com arquitetura, segundo o dicionário da língua portuguesa:

Forma:

“Conjunto dos limites exteriores de um objeto ou de um corpo que lhe conferem um feitio, uma configuração ou uma determinada aparência; feitio; formato.”

“Objeto que se percebe de maneira confusa e cujas características não se conseguem precisar; figura”⁴

Do ponto de vista conceptual, é mais completo construir uma maquete enquanto se produz os desenhos do projeto, do que apenas centrar-se no desenho como a única ferramenta de projeto. Segundo Mateus (2013), nos finais dos anos 80 e 90 os arquitetos considerados desconstrutivistas como por exemplo, Frank Gehry, Rem Koolhaas, Daniel Libeskind e Zaha Hadid, chegaram à conclusão, que o desenho era insuficiente para a pesquisa da forma e do espaço, tendo em conta as novas formas orgânicas criadas. Desta

³ *maquete* in Dicionário infopédia da Língua Portuguesa. Porto Editora, 2003-2019. Disponível na Internet: <https://www.infopedia.pt/dicionarios/lingua-portuguesa/maquete>

⁴ *forma* in Dicionário infopédia da Língua Portuguesa. Porto Editora, 2003-2019. Disponível na Internet: <https://www.infopedia.pt/dicionarios/lingua-portuguesa/forma>

forma, as maquetes tornaram-se imprescindíveis no processo de concepção. Além disso a maquete ganhou reputação no meio, sendo considerada como um ícone de representação. Em suma, os modelos tridimensionais, são uma das grandes armas da arquitetura para a visualização de um projeto antes da sua construção, a sua materialidade tem vindo a evoluir ao longo dos anos, ou seja, através de aplicações de luzes, ou de novos materiais que lhe garantem um design apelativo. Segundo Maciel (2006), no Tratado de Arquitectura de Vitruviuso [...] *também aqueles que se baseiam somente nas teorias e nas letras foram considerados como perseguindo a sombra e não a realidade [...]* (p.30). O importante é entender que esta ferramenta é parte integrante da concepção em arquitetura, e que não funciona apenas como um organismo singular, ou uma representação final, mas sim, como uma ferramenta de pensamento criativo e dinâmico a três dimensões.

1.3 PENSAR COM AS MÃOS EM ARQUITECTURA?

Desde a mais tenra idade que o ser humano tem a apetência para explorar o mundo através dos seus sentidos, como a visão, o tato e a audição, etc. Os brinquedos são uma das muitas formas de estimular uma criança, e até um adulto. Exemplo disso são os legos, onde a imaginação e a criação não têm limites. No entanto, o arquiteto, através da sua formação durante o seu processo de aprendizagem, ganha um olhar crítico, direccionado para criação de formas e espaços, e é por isso que durante toda a sua vida, ele manipula as formas, seja através do barro, da madeira e da pedra numa fase mais primitiva da arquitetura, ou até através do k-line, do cartão, da esferovite e da balsa, materiais modernos, próprios para a elaboração de maquetes.

Campo Baeza (2013) aborda este pensamento no seu livro *Pensar com as mãos*, o próprio utiliza o exemplo da obra de José Saramago, *a Caverna*, utilizando a citação, que “os criadores têm como pequenos cérebros nas pontas dos dedos” (p.11)

“Pensar com as mãos”, segue a lógica da descoberta, estimula a mudança e a experimentação, em detrimento de uma forma, de um espaço. A linha de pensamento é orientada mediante o criador, que através das suas mãos modela os objetos “construindo” os modelos tridimensionais. A grande diferença entre o “pensar com as mãos” e o desenho, na produção de modelos tridimensionais, é que num desenho, temos de desenhar cada perspetiva do modelo para conseguirmos entender o projeto no seu todo. Por outro lado, no “refletir com as mãos”, basta apenas observar a maquete produzida, imaginar como seria percorrer aquele espaço, que sentimento produzimos perante aquela forma. E quando é necessária uma alteração basta cortar, colar, sentir o material. Ou seja, a maquete é um objeto real, presente no nosso espaço, estamos a observar e a interagir na nossa realidade, no nosso ponto de vista, enquanto um desenho não passa de uma folha 2D, em que através de uma perspetiva temos a sensação das três dimensões, mas elas não são reais.



Figura 1 – Pensar com as mãos. Maquete executada pelo autor para o EWWUD 2012 ⁵

⁵ EWWUD - European Workshop Water-Front Urban Design 2012. Organizado pela Universidade Lusófona de Humanidades e Tecnologias de Lisboa.

1.4 MODELOS TRIDIMENSIONAIS NAS PLATAFORMAS DIGITAIS

Segundo afirma Kolarevic (2003, p.54), “In the past, architects drew what they could build, and built what they could draw [...]”, por outras palavras, e contrariamente ao passado, as novas tecnologias e as plataformas informáticas possibilitaram ao arquiteto desenhar e explorar novas formas que só o desenho não conseguia representar. Vejamos alguns significados do digital relacionados com arquitetura, segundo o dicionário da língua portuguesa:

Digital:

“referente aos dedos” “relativo aos algarismos de 0 a 9”

“(aparelho, dispositivo) que apresenta a informação sob forma numérica num mostrador ou ecrã” “que envolve ou diz respeito a dispositivos eletrónicos (telemóvel, tablet, iPOD, etc.) ou à internet”⁶

São inúmeras as plataformas digitais, desde as ‘CAD’, às CAAD (computed-aided architecture design), às ‘BIM’, às paramétricas, e também a impressão de modelos virtuais através de impressoras 3D. É importante entender que cada plataforma tem a sua especificação de modelo 3D. Um privilegia a modelação do modelo e as formas, outras, as imagens renderizadas de alta qualidade, outras a informação intrínseca que o modelo contém e outras o sistema de programação avançado que possibilita criar formas paramétricas. O objetivo é sempre o mesmo, criar um modelo tridimensional de arquitetura. É importante entender que os modelos tridimensionais digitais não são tão intuitivos, como a montagem de uma maquete. Estas plataformas têm sistemas de trabalho complexos. Como consequência, os seus utilizadores precisam de tirar especializações específicas ou ter horas de trabalho e formação em atelier. No entanto, quando se domina os comandos da plataforma, tudo fica mais intuitivo. E ao “construir” um modelo, torna-se bastante mais rápido do que a elaboração de uma maquete. Estes modelos também possibilitam contemplar o edifício antes de estar construído.

⁶ *digital* in Dicionário infopédia da Língua Portuguesa. Porto Editora, 2003-2019. Disponível na Internet: <https://www.infopedia.pt/dicionarios/lingua-portuguesa/digital>

PARTE II – ESTADO DA ARTE

2.1 ENQUADRAMENTO SOBRE MODELOS TRIDIMENSIONAIS SEGUNDO NUNO MATEUS E BRANKO KOLAREVIC

Ao longo da História da Arquitetura, o arquiteto desenvolveu os seus projetos, e as suas ideias através do desenho e dos modelos tridimensionais. Como afirma Nuno Mateus (2013), “Quando construímos uma maquete somos construtores. Construímos para apreender o objeto e para o voltar a pensar, fazendo-lhe novamente perguntas” (p.71). Esta experimentação através de modelos tridimensionais suscita muitas dúvidas, quanto aos primeiros vestígios da maquetes, no entanto, segundo, Rozestraten (2011), surgiram no Egipto, datadas do ano de 3000 a.C., os primeiros vestígios de modelos tridimensionais. Contudo, estas maquetes são associadas a rituais espirituais e não a modelos de arquitetura. Ainda não existem provas consistentes que o povo Egípcio usava a maquete como ferramenta de apoio à construção, mas é um facto que estes modelos demonstram bastante rigor tridimensional, como podemos observar nas figuras 2 e 3, as Casas da alma em terracota com pátio de oferendas, Império Médio, 1900 a.C., e a Base do Modelo do Rei Sety I em quartzito, procedente de Tell el Yahudiya, XIX Dinastia, respetivamente.



Figura 2 e 3 – Casas da alma em terracota com pátio de oferendas, Império Médio, 1900 a.C., e a Base do Modelo do Rei Sety I em quartzito, procedente de Tell el Yahudiya, XIX Dinastia, – Fonte: <http://www.vitruvius.com.br/revistas/read/arquitextos/12.137/4037>

É importante perceber quando surgem as primeiras maquetes de arquitetura, para contextualizar este estudo, segundo Mateus (2013), as maquetes de arquitetura surgem como modelo de estudo e comunicação, muito antes da renascença. Isto porque, a arquitetura só se afirmou como área artística nessa mesma época. As primeiras maquetes de arquitetura

surtem na antiga Grécia datadas de 725 a.C. A maior parte foi produzida com o objetivo de mostrar a escala na globalidade e as outras representavam detalhes à escala real, produzidos para trabalhos particulares ou zonas-padrão. A produção de maquetes, começa a ser vista não como atividade de produção operária, mas sim como uma atividade intelectual. Elevando o estatuto do arquiteto socialmente, deixando de trabalhar no estaleiro, passando à sala de desenho.

Não por razões históricas, mas pela sua pesquisa ao elaborar os dez livros de arquitetura, Alberti (1986), salienta a importância da maquete, na concepção do projeto, por ser um objeto de concepção palpável, onde podemos testar evitando erros ou problemas na construção. “[...] eu sempre recomendo um costume antigo dos construtores, que não só desenhavam e pintavam, mas que através de maquetes reais de madeira ou outra substância examinavam e pensavam recorrentemente todo o trabalho, sob o conselho de homens experientes, medindo todas as partes, antes de se colocarem em problemas e despesas” (p.22). O mesmo autor admirava o trabalho de Brunelleschi (1377-1446), este utilizava os métodos de concepção através das maquetes, onde verificava à escala o comportamento estrutural dos materiais e das soluções arquitetónicas. Exemplo disso, é famosa cúpula da Catedral de Santa Maria del Fiore, em Florença, onde Brunelleschi explorou ao máximo a estrutura, de forma a garantir a estabilidade necessária para uma torre com cerca de 90 metros de altura, como podemos verificar na figura 4. O tratado de Alberti (1986), mostra ainda o que os antigos arquitetos pensavam sobre as maquetes, referenciando-as como objetos de transformação conceptual e avaliação dos comportamentos estruturais, corrigindo previamente, a fim de evitar erros de construção. A figura 5⁷, mostra uma maquete de impressão 3D, de um pormenor à escala de uma das fachadas da catedral, com outra maquete em acrílico iluminada, a uma escala menor, que mostra metade da nave principal. Esta figura, em contraposição, mostra o futuro da representação das maquetes. Cada vez mais detalhado, e cada vez mais dinâmico.

⁷ Figura 4, (2017) Maquete da catedral de Santa Maria del Fiori na Cripta di Santa Reparata.

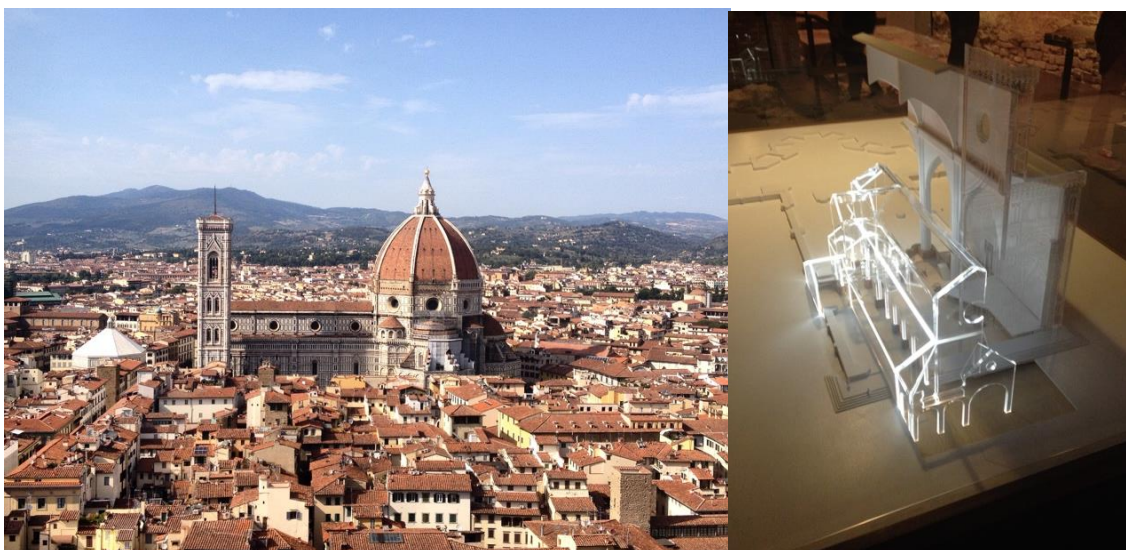


Figura 4 e 5 – Catedral Santa Maria Dei Fiori, Florença, vista aérea do Palácio Vecchio, Florença (2017), e Maquete da catedral de Santa Maria del Fiori na Cripta di Santa Reparata, Florença (2017). Fotografias tiradas pelo autor em Florença.

Mateus afirma, (2013), que no período pós-guerra, as maquetes reforçam a sua importância nas práticas dos arquitetos modernos e algumas tornam-se ícones do pensamento arquitetónico de vanguarda, como por exemplo a maquete de Mies Van Der Rohe para o projecto a Casa Farnsworth, como podemos verificar nas figuras 6, 7 e 8.

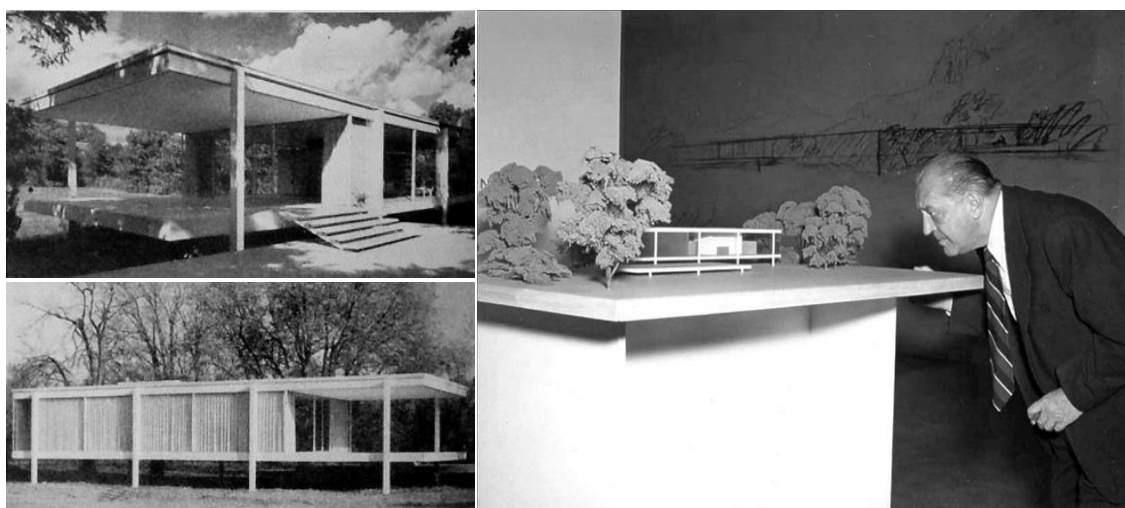


Figura 6, 7 e 8 – Casa Farnsworth e Mies Van Der Rohe observando a maquete do projeto. Fonte: Architectural Monographs 11 - Mies Van der Rohe - European Works.

Mateus (2013) também refere que o aparecimento do desconstrutivismo constituiu para ateliers como os Coop Himmelblau, Morphosis etc., a possibilidade de realizar pesquisas alternativas sobre a forma e o espaço, como podemos ver na figura 9, o BMW Welt em Munique. Este tipo de arquitetura veio trazer nos finais dos anos 80 e de 90, protagonismo de novo às maquetas, criadas através de formas orgânicas, voltando a fazer parte dos processos de trabalho dos ateliers de arquitetura, expandidas pelos *media* e pelas escolas de arquitetura mundiais. Este novo pensamento arquitetónico desenvolvido por estes grandes nomes da arquitetura, por ser espacialmente complexo, trouxe aos modelos tridimensionais vantagem sobre desenho, tendo em conta a insuficiência no processo de visualização, questionando até os limites canónicos do desenho em relação à forma. A partir daí as maquetes tornaram-se um instrumento de experimentação metodológico e na pesquisa e procura de novas formas e possibilidades de projeto nunca antes desenvolvidas.



Figura 9 – BMW Welt (2016) Coop Himmelblau, Munique. Fotografia tirada pelo autor em Munique.

O desenho, sempre foi prática inquestionável como ferramenta de projeto, tanto em esboço como em desenhos técnicos. Segundo Mateus (2013) nos anos 80, não era muito usual no ensino de arquitetura utilizar maquetes, era tudo através de desenho, em Lisboa, por exemplo não eram usadas maquetes. Por outro lado, os tempos de projeto veem a encurtar ao longo dos anos, e as maquetes passam para segundo plano, reafirmando ainda mais o desenho como ferramenta essencial da arquitetura.

Como referem Hauschild e Karzel (2011), quando as plataformas ‘CAD’, apareceram no início dos anos 60, eram como uma extensão à mesa de desenho, contudo não era

suficiente, e a tecnologia evoluiu para as plataformas 'CAAD', que de uma forma primária, eram utilizadas inicialmente para a visualização de espaços, construção e design. Evoluindo mais tarde para uma plataforma de "construção 3D". O desenho já não era só uma junção de linhas, mas sim, uma junção de paredes, colunas, vigas, etc., ou até objetos pré-definidos criados pelas empresas fornecedoras.

Segundo Nuno Mateus (2013)⁸ citado por Bettencourt (2012) no processo evolutivo da maquete "*há uma ontologia do seu desenvolvimento que remete para um sistema de perfeição progressiva, enquanto um computador remete-nos para um sistema de perfeição instantânea, que é prematura*" (p.5). Ou seja, fazendo a passagem para o mundo tecnológico, os modelos tridimensionais digitais, possibilitaram a visualização de um edifício e de percorrer o seu espaço, sem o mesmo ainda não estar construído, possibilita criar imagens realistas do edifício, no entanto cria uma sensação de "acabado", que é prematura e que pode afetar o processo evolutivo do projeto.

Como dizem Kolarevic e Kingler (2008), "Modern architecture came into being as something first glimpsed, later recognized, and finally capitalized upon thanks to a bunch of clunky, often awkward and frequently just-plain-lucky prototypes" (p.2). De acordo com os mesmos autores, existia uma ideia, uma visão do que seria a arquitetura moderna, no entanto, foi através da tentativa e erro que se conseguiu chegar a algo produtivo. Com a geração de protótipos ou modelos digitais desajeitados, sem rigor, ao longo de décadas, esses erros e experiências acabaram por introduzir uma nova mentalidade de modelar a arquitetura digitalmente.

Branko Kolarevic e Kevin Klinger afirmam (2008) "Over the past decade we have seen in architecture the (re)emergence of complexly shaped forms and intricately articulated surfaces, enclosures, and structures, whose design and production were fundamentally enabled by the capacity of digital technologies to accurately represent and precisely fabricate artifacts of almost any complexity." [...] (p.6). Desta forma, a arquitetura moderna tem utilizado os processos digitais para criar novas "master pieces" da forma, ou seja, não importa o quanto a forma é complexa, ela própria causa sensações e justifica-se afirmando a sua existência. Este tipo de arquitetura, leva os modelos tridimensionais produzidos em plataformas digitais a serem considerados como design atrativo.

⁸ MATEUS, Nuno (2013) Taxonomia e Operatividade do Pensamento Arquitectónico ARX: Desenhar em Maqueta in Bettencourt (2012) O digital e o material na tridimensionalidade da arquitetura, ISCTE-IUL

No entanto, no decorrer do século XXI, as grandes empresas de arquitetura normalizaram os modelos digitais, em consequência do grande progresso das plataformas no final do séc. XX. Surge então, uma panóplia de novas tecnologias, onde a própria “máquina”⁹ consegue imprimir modelos tridimensionais palpáveis. Como consequência, o arquiteto acaba por perder um pouco a sensibilidade para os modelos manuais, ganhando outras competências, como afirmam B. Kolarevic e R. Klinger (2008), [...] *“the new techniques and methodes of digitally-enabled making are reaffirming the long forgotten notions of craft [...]*, e [...] *“After all, architecture is fundamentally a material practice”* (p.7). Desta forma, e seguindo a afirmação dos autores, esta prática material, é o que nos define, como criadores de arquitetura, ou através do desenho ou de modelos tridimensionais como as maquetes. Esta experimentação é importantíssima para o desenvolvimento de um bom projeto. A prática da arquitetura contemporânea, está mais preocupada com ferramentas que aumentem a produtividade em detrimento da qualidade do projeto.

Branko Kolarevic (2008) afirma que os novos tipos de arquitetura digital são:

“the new digital approaches to architectural design (digital architectures) are based on computational concepts such as topological space (topological architectures), isomorphic surfaces (isomorphic architectures), motion kinematics and dynamics (animated architectures), parametric design (parametric architectures), and genetic algorithms (evolutionary architectures) [...]”¹⁰

Kolarevic (2008) também nos fala sobre [...] *“the emergence of new “ornamentalism” in contemporary architecture”* (p.6). Ou seja, a criação de “peles” para os edifícios, executadas digitalmente, contendo raízes complexas de modelação, procuram novos padrões, novas modelações, novos materiais que consigam produzir novos padrões. Estas novas formas possibilitaram o aparecimento das plataformas paramétricas como o Grasshopper, o Dynamo etc. especializadas em produzir formas complexas através da ligação entre vetores e parâmetros e também das NURBS (Non Uniform Rational Basis Spline), trabalhando com curvas e não através de retas, conseguindo sair da rigidez da maior parte das plataformas modulares.

⁹ Impressoras 3D, imprimem os modelos desenvolvidos em plataformas digitais.

¹⁰ KOLAREVIC, Branco (2008), *Designing and Manufacturing Architecture in the digital age*, p.117

Por fim, Kolarevic (2009) afirma que a arquitetura digital caminha a passos largos para um design de integração, ou seja, a interligação de várias áreas como arquitetura, a engenharia e a construção, aliadas às novas tecnologias procuram aproximar o design, as análises e a produção de edifícios. “Concepts such as *integrated design, integrated practice and integrated project delivery* ‘IPD’ have gained prominence in architecture over the past several years as relatively new paradigms” (p.337). Os ‘BIM’ building Information modeling, são plataformas produzidas para criar modelos de arquitectura, contendo uma base de dados com informações intrínsecas ao modelo.

PARTE III – COMPOSIÇÃO DOS MODELOS TRIDIMENSIONAIS

Para se denominar de modelo tridimensional ou maquete, o mesmo necessita de conter determinados aspetos, que o caracterizam como tal. A ter em consideração para este estudo, irão ser abordados os seguintes tópicos dentro das características de dos modelos: a comunicação, a construtividade, a escala humana, a estrutura, a luz, a morfologia e a orgânica. Por fim, serão abordados os instrumentos operativos de criação e transformação da forma, como os: os analógicos (maquetes) e os digitais (plataformas ‘CAD’, ‘CAAD’, ‘BIM’, paramétricas e impressão 3D).

3.1. CARACTERÍSTICAS DOS MODELOS

3.1.1 Comunicação

A comunicação é uma das características mais importantes da arquitetura. Seja ela através de desenhos, maquetes, da relação entre edifícios ou até através das sensações criadas por determinados espaços ou formas. No fundo, uma arquitetura sem comunicação, é uma arquitetura sem identidade. Segundo Bruno Zevi (1996), em *Saber ver a Arquitetura*, as pessoas comuns não tinham grande interesse em obras arquitetónicas, tendo os arquitetos dificuldade em passar a mensagem arquitetónica. As pessoas não viajavam para ver arquitetura como faziam para ver arte. (p.2)

Bruno Zevi (1996), afirma “que o Homem tem falta de educação espacial, ou seja, saber movimentar-se no espaço, observá-lo, senti-lo” (p.2). Por outras palavras, o Homem no seu dia-a-dia, movimenta-se e faz parte de vários espaços, no entanto, ele não observa o espaço tentando compreender as suas características, que o diferenciam de outros espaços, entender como se deve apropriar daquele espaço, no fundo sentir-se como parte dele. Desta

forma, podemos entender esta expressão de Zevi (1996) “O que diferencia a arquitetura das outras áreas artísticas é o facto de estar ligada com o vocabulário tridimensional que inclui o homem” (p.2). Ao longo da sua existência, o homem foi-se adaptando ao mundo, criando objetos tendo como base o seu próprio corpo.

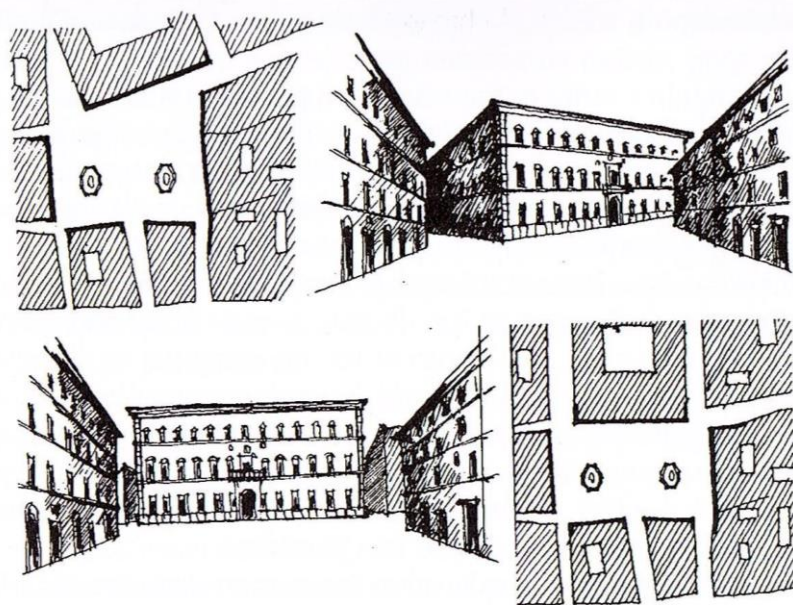


Figura 10 – Michelangelo, Palácio Farnese em Roma Fonte: ZEVI, Bruno(1997), A linguagem Moderna da Arquitectura, p.32

Zevi (1997), em *A Linguagem Moderna da Arquitectura*, mostra-nos através da figura 10, o Palácio Farnese de Michelangelo em Roma, deveria apresentar-se enviesado para acentuar a sua comunicação com a praça, atribuindo mais força aos vários acessos, ao invés da sua centralidade ortogonal. O Homem sempre teve curiosidade acerca da relação do seu corpo com o espaço e com o mundo, bem como, a forma como o seu corpo se move, e como se adapta aos vários ambientes que o rodeiam.

Como afirma Maciel (2006), no Tratado de Arquitectura de Vitruvius “[...] efetivamente, ele surge com uma determinada aparência, se é observado de perto, com outra, se é visto em altura, não do mesmo modo, se num ambiente fechado, e diferentemente, se num espaço aberto, situações em que se exige uma capacidade de grande discernimento no que respeita às soluções a apresentar por fim [...]” (p.227). Ou seja, de acordo com o mesmo autor, um dos conceitos mais importantes para a arquitetura é a percepção visual. Esta área de estudo procura responder a questões no campo da criação de formas e da comunicação visual. É

necessário entender a importância dos olhos como órgãos sensoriais da visão, que nos permitem entender o mundo, e todo o espaço que nos rodeia. Essa descoberta sensorial, é importantíssima no desenvolvimento, do espaço habitável, enquanto seres inteligentes.

Por outro lado, o ser humano, não consegue ter uma percepção visual total das formas e de tudo o que o envolve. Alberto Campo Baeza (2013), refere que, “O arquiteto teve uma ideia. Queria dominar o espaço e com ele a arquitetura. E pensou que isto só seria possível se pudesse controlar a forma e as dimensões do espaço arquitetónico. E quis entender então o que era e como era o espaço” (p.23), ou seja, o arquiteto procurou perceber o espaço e a forma, com o objetivo de o dominar, e para isso, lembrou-se de utilizar um cubo no espaço, um dos sólidos euclidianos mais simples - “O arquiteto que quis agarrar o cubo da arquitetura” (p.23) - por exemplo, para ver os seis lados de um cubo, precisamos de o transformar numa maquete a uma escala mais pequena que o nosso corpo, para conseguir rodá-lo na sua totalidade. Outra possibilidade de ver os seis lados de um cubo é quando estamos dentro de um espaço cúbico, e nos encostamos a uma das arestas laterais.

Por fim, Baeza (2013) diz, “Ora isto a que chamei transcendência, termo que à primeira vista parece um pouco rebuscado, não é mais que a vontade de comunicação com os outros. Assim como qualquer outra atividade criadora” (p.108). Foi através desta transcendência que o Homem evoluiu no desenvolvimento da arquitetura e criação das formas. De acordo com o autor anterior, os nossos antepassados, tiveram um processo perceptivo muito mais lento, pelo facto de tudo ser novidade para eles. Todos os espaços, continham novas experiências, novas formas que tiveram de descobrir empiricamente, ou seja, por tentativa e erro. Só depois das primeiras gerações, que assimilaram e transmitiram todo o seu conhecimento, para as gerações vindouras, é que a nossa espécie iniciou o processo de pensar a sua percepção visual, utilizando os seus conhecimentos à priori.

3.1.2 Construtividade

O ato de construir pode começar através da elaboração de maquetes. Na fase conceptual, como diz Nuno Mateus (2013), “A materialidade que escolhemos para a maquete vai definir a materialidade do nosso raciocínio sobre o projeto” (p.157), ou seja, se escolhermos um material liso como o k-line, e as linhas do projeto forem de força horizontal, possivelmente, a materialidade do projeto vai seguir uma linha mais homogeneia, como por exemplo uma pintura simples de parede branca, sem grandes texturas ou características materiais.

Segundo Campo Baeza (2013), “Se alguém dissesse que uma ideia tem dimensões, seria seguramente tomado por louco. É claro que as ideias, os pensamentos, não podem ter dimensões! Porém, em arquitetura, as ideias, para poderem ser construídas, precisam de ter medidas, dimensões” (p.35). Por outras palavras, o arquiteto tem a capacidade de construir as suas ideias, mesmo que essas ideias apareçam num plano completamente diferente da realidade. Porque a realidade só é trabalhável através medidas e dimensões, e o arquiteto define essas mesmas medidas e dimensões com a sua sensibilidade e as suas noções de escala. Baeza (2013) também afirma que [...] “da mesma forma que defendemos que a arquitetura é ideia construída, devemos compreender que essa transformação das ideias em matéria deve ser feita com precisão” [...] (p.35). A forma como construímos arquitetura deve ser trabalhada com rigor, e não de forma aleatória. O mesmo acontece na elaboração de maquetes, quando decidimos elaborar uma maquete, ela tem de mostrar o rigor e a precisão do trabalho, afirmando a sua construtividade, ou seja, as suas características construtivas. Por fim, Baeza (2013) afirma que “O domínio do espaço é uma simples questão de medidas, de dimensões domináveis, que é preciso pôr em relação com as dimensões do homem” (p.24) Por outras palavras, a construtividade na arquitectura, será sempre em relação às dimensões do homem, tudo o que o arquiteto desenvolve no espaço tem de ser sempre dominável pelo homem, ou seja, a sua construção, os seus materiais, como faz crescer uma ideia. Esta forma de pensar de Baeza, um pouco filosófica, mostra-nos que o saber construir é essencial para o arquitecto. Não apenas no sentido mais simples da palavra, mas sim no rigor que dela podemos retirar na execução de um projeto.

Dentro deste pensamento de construtividade, Maciel (2006) afirma em *Vitrúvio* [...] “como se devem construir os edifícios de acordo com a interligação das estruturas, as características dos materiais e as potencialidades da sua utilização” [...] (p.70), esta forma de pensar, serve de apoio à construção de modelos tridimensionais, visto que a estrutura e os materiais usados podem vir a influenciar posteriormente a obra. Também é importante entender que por vezes a estrutura de um edifício pode gerar a forma de um projeto, aparecendo de uma forma ausente, sem presença, ou até assumir a estrutura como parte estética e visual do projeto.

Por fim, um dos aspetos mais importantes da construtividade é a ausência de erros, segundo Maciel (2006) em *Vitrúvio* [...] “os que projetam construir não caem em erro, mas preparem para as construções os materiais convenientes a utilizar” (p.75). De acordo com o autor anterior, as maquetes são uma das formas de evitar o erro porque são testes à

construção. No renascimento eram testados materiais à escala real através de maquetes, executando novas experiências em novos materiais, visto que ainda não tínhamos o conhecimento suficiente para certas estruturas, então era necessário testar os materiais para comprovar os seus comportamentos.

3.1.3 Escala Humana

Nos modelos tridimensionais, a escala surge com a necessidade dos arquitetos em representarem o edifício na sua totalidade, ou apenas em partes, antes da sua construção, principalmente, pelo facto de possibilitar estudar as relações das dimensões, dos espaços, das formas. A introdução da escala humana nas maquetes, foi a forma mais simples do arquiteto observar o espaço, tentando sentir, imaginando o que a “figura” está a sentir naquele espaço. Nuno Mateus (2013) afirma que:

“Uma maquete para aferir da escala do homem em relação ao edifício não nos transporta para o interior desse edifício. Apenas a nossa imaginação nos pode colocar no interior de uma maquete.

Mas numa maquete com este objectivo podemos avaliar como é que eles, os simulacros humanos, se sentirão num determinado espaço. Trata-se de uma fenomenologia interposta por outrem, mas é o mais próximo que podemos habitar da representação.” (p.159)

A escala, um conceito com muitos significados, mas que em arquitetura tem a ver com a capacidade de reconhecer um espaço, um edifício pelas suas dimensões. A arquitetura tem como unidade métrica o Homem, cria espaços mediante as suas necessidades, tanto do habitar como do social, no entanto, a escala utilizada nas obras de arquitetura, não são necessariamente um estudo rigoroso à escala humana, mas sim um meio termo entre o Homem e a realidade, como afirma Nuno Mateus (2013):

“Os projetos de arquitetura, pela desproporção entre o Homem e a realidade, são por regra desenvolvidos em grandeza distinta da verdadeira, como é evidente, através do recurso a variadas escalas intermedias de representação: há uma proporção operativa entre a escala da representação (presente) e a realidade do objeto tangível (ausente).” (p.160)

Baeza (2013) refere, “É sempre, é claro, no que a medidas se refere, colocando o homem no centro da questão com as suas três dimensões. Não é em vão que a arquitetura é para o homem” (p.35). Ou seja, a arquitetura tem uma natureza abstrata onde a escala se

adapta mediante vários fatores. Por exemplo, o pé direito de uma habitação, é pensado através de um standard da estatura do Homem, mas a forma exterior da casa poderá ter uma escala completamente diferente, por forma a interagir com a realidade exterior.

3.1.4 Estrutura

Hauschild e Karzel (2011) afirmam, que a produção de modelos tridimensionais para o desenvolvimento e experimentação de estruturas, tem mudado ao longo dos anos, visto que nos dias de hoje, as empresas testam os seus próprios materiais, mantendo-se sempre em contacto com os arquitetos e engenheiros, para uma melhor gestão do projeto, ao contrário do renascimento onde o arquiteto tinha de testar os seus novos materiais, para saber as suas capacidades. No entanto, a sua experimentação através das maquetes já não é tanto um estudo de cargas, mas sim, um estudo de funcionalidade e por vezes de estética adornada ao projeto. Campo Baeza (2013) afirma em *Pensar com as mãos*, [...] “a estrutura portadora, mais do que meramente transmitir as cargas do edifício à terra por causa da implacável gravidade o que verdadeiramente transmite é a ordem do espaço, estabelece a ordem do espaço, constrói o espaço” (p.48) ou seja, a estrutura também determina o espaço, não é apenas o esqueleto que sustenta o edifício, ou que o prende ao chão através da gravidade. A estrutura pode determinar por exemplo, se conseguimos criar um espaço amplo com duplo pé direito e uma mezzanine, percorrido por uma fachada de vidro que possibilita uma grande entrada de luz natural. Este tipo de abordagem pode ser testado em maquete sem ter uma estrutura representada, pode ser apenas uma ideia, que posteriormente poderá ser analisada.

A estrutura de uma maquete ou de um edifício pode ser caracterizada como o seu esqueleto, fazendo a comparação ao corpo humano. De acordo com Mateus (2013), “na construção de uma maquete de estrutura, ficamos indelevelmente ligados ao futuro edifício real. Pela primeira vez confrontamo-nos com a possibilidade de aquele edifício vir a ser construído” (p.141). Ou seja, um edifício pode ser construído sobre uma estrutura, já o contrário não é possível. Então ao construirmos uma maquete de estrutura, temos a sensação de que estamos a construir algo, porque estamos a planear algo que será construído. Ao contrário de uma maquete de estudo que apenas nos mostra um conjunto de volumes, formas que determinam espaços, mas que não tem expressividade como construção real.

3.1.5 Luz

Os materiais escolhidos para a construção de uma maquete, revelam as suas características e materialidade através da luz, desta maneira atribuímos formas a um volume pelas sensações que nos criam. Segundo Mateus (2013), “Não podemos confirmar a existência das formas até lhes tocarmos. Até lá, apenas confirmamos a existência da luz nelas refletida. A modelação das formas torna-se, assim, na modelação da luz” (p.152). Por outras palavras, a luz natural ilumina os materiais, visualmente conseguimos observar um objeto, mas não determinamos a materialidade através da observação, é necessário tocá-lo para senti-lo. Mateus (2013), ainda afirma “A maquete é o território hiper-real de todas as experimentações e constatações sobre a Luz” (p.15). Ou seja, através da luz natural ou de um candeeiro, a maquete pode ser testada, virada em várias posições até determinarmos a quantidade de luz filtrada desejada para o interior. Ou vice-versa, a luz de dentro para fora, em que o exterior é o seu negativo.

“Sim, a luz é, com ou sem teoria corpuscular, algo concreto, preciso, continuo material. Matéria mensurável e quantificável, como tão bem sabem os físicos e parecem ignorar os arquitectos...

O primeiro material criado, o mais eterno e universal dos materiais, surge assim como o material central para contruir, CRIAR o espaço” (Baeza, 2011, p15).

Baeza (2011), afirma neste excerto presente em *A Ideia Construída*, que a luz natural é material e que é criadora de espaço. Todo o material tem uma ligação com a luz natural, e as maquetes não são exceção. Uma maquete, numa escala reduzida possibilita a elaboração de testes de luz, observados num determinado espaço, com determinados detalhes ou intenções projectuais. A luz é material tendo em conta que precisa da nossa observação perante os materiais físicos e palpáveis. A sua reflexão, traz-nos as suas texturas, formas e cores. A relação entre a luz e as texturas dos materiais em conjunto com as cores, possibilitam ao observador criar sensações com determinado espaço, e cada individuo contempla esse espaço de diferentes maneiras. Por exemplo, uma maquete, dependendo do seu material e exposta ao contacto com a luz natural, pode causar diferentes sensações como podemos verificar na figura 11, da maquete da Caja General de Granada de Alberto Campo Baeza.

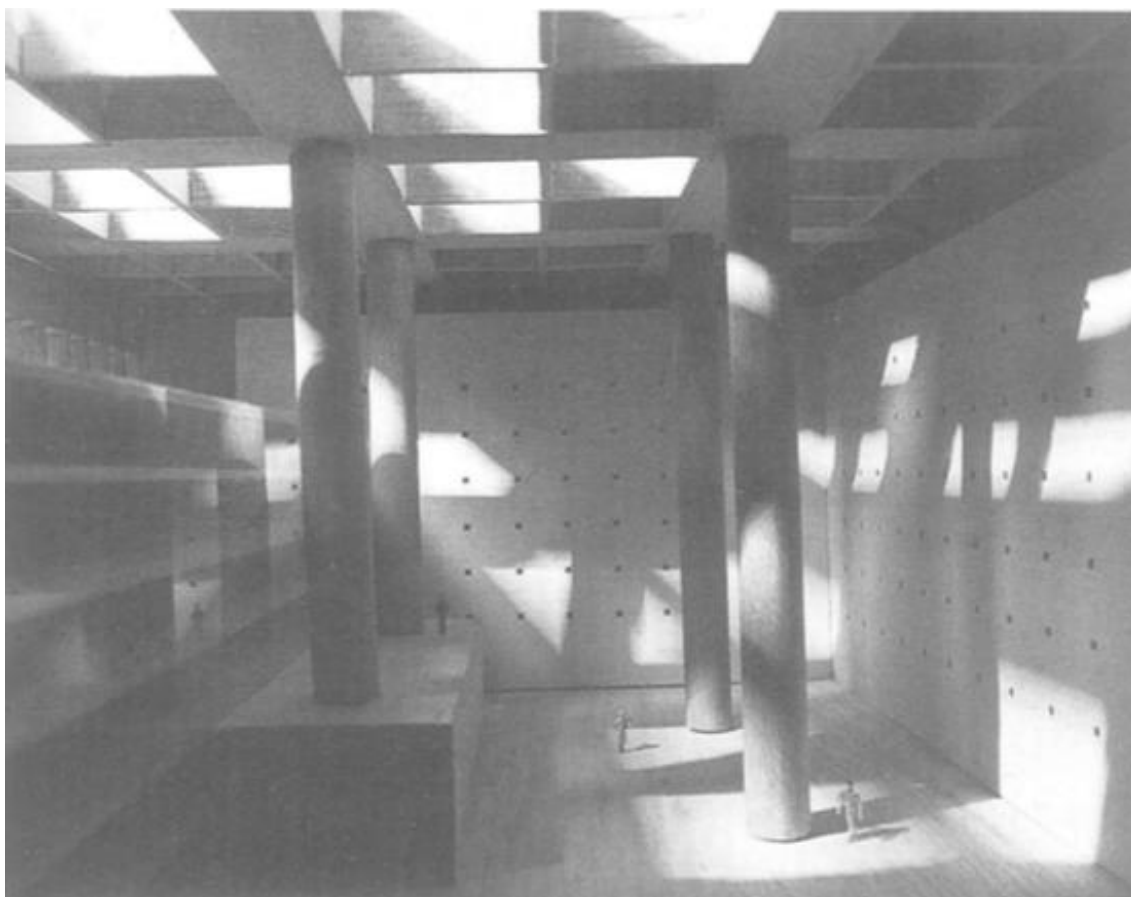


Figura 11 – Maqueta da Caja General de Granada. Fonte: Alberto Campo Baeza (2011,p.81)

Alberto Campo Baeza (2013) afirma em *Pensar com as mãos*, “Light is much more” (p.53), baseando-se na expressão celebre de Mies Van Der Rohe “Less is more”, para engrandecer a luz na arquitetura. Para ela a luz é o elemento mais importante da arquitectura. Baeza (2013) escreve que, “a luz, o diálogo com ela, o seu domínio através do seu diálogo com os elementos materiais que compõem a forma, é o material que estica esse espaço construído pela GRAVIDADE” (p.35), enquanto “A GRAVIDADE constrói o espaço e a LUZ constrói o tempo.” (p.48). Ou seja, estes dois elementos ligados entre si, embora sejam diferentes na sua raiz natural, complementam-se um ao outro. A gravidade precisa da luz para construir espaço, a materialidade; e a luz precisa dessa materialidade para construir o tempo.

Outros arquitetos têm outras formas de pensar sobre a luz, como por exemplo Peter Zumthor (2006), fala-nos principalmente na conceção da forma em consequência da luz: “pensar o edifício como uma massa de sombras e a seguir, como num processo de escavação, colocar luzes e deixar a luminosidade infiltrar-se” (p.61), ou seja, a forma vai determinar como a luz entra no edifício. No que diz respeito aos modelos tridimensionais, esta atividade de experimentação pode ser utilizada para se entender como se vai controlar a luz

num edifício com determinada morfologia. Ainda de acordo com a afirmação do autor anterior, a massa volumétrica de um modelo é desenhada pela sua forma, assim como as aberturas e dependendo da direção da maquete e dos seus rasgos para o interior, a luz natural entrará, podendo ser testada e controlada mediante a sua ideia projectual. Zumthor (2006) também refere que a luz realça a própria forma com sombras projetadas ou sombras próprias, e também, do ponto de vista conceptual, a aparência de um edifício pouco diz a respeito a uma boa iluminação natural, estando mais ligada à estética arquitetónica. É possível encontrar excelentes ambientes de luz natural na mais estática arquitetura clássica ou nas arquiteturas pós-modernistas.

3.1.6 Morfologia

A morfologia é o estudo da forma e da sua origem. Mateus (2013) afirma “*Todos os edifícios têm uma forma. Como se chega a ela?*” (p.135). À luz da arquitetura, a morfologia de um edifício desenvolve-se de várias maneiras sendo através da geometria onde o arquiteto explora a forma ou através de um programa elaborado à priori que condiciona a forma ou ainda pela sua transformação perante um local ou uma envolvente. Ainda de acordo com a referência do autor anterior, entende-se a construção de uma maquete de contexto, quando é necessário seguir uma ideia morfológica de sítio, respeitando o *Genius Loci*, expressão adoptada na arquitetura pelo teórico e arquitecto Christian Norberg-Schulz (1926-2000), no entanto, a forma de um edifício está para lá de uma ideia de desenho, de conceito ou referência externa. Numa fase de estudo conceptual da forma, segundo Nuno Mateus (2013), “a maquete deve conter uma escala onde seja possível agarrar com as mãos, no intuito de observar e experimentar soluções sem medo do erro” (p.137). Os materiais escolhidos para a elaboração das maquetes ou os instrumentos operativos analógicos também podem influenciar o tipo de arquitetura. Se são planos como o cartão, k-line e pvc sugerem formas planares euclidianas. Outros materiais mais resistentes, como a madeira e os poliestirenos, sugerem volumetrias sintéticas. E por fim, os materiais mais instáveis como a plasticina, a massa modular e o gesso, levam-nos a formas mais orgânicas.

Bruno Zevi (1997) afirma, “porque é que uma divisão deve ser cúbica ou prismática e não de forma livre, ditada pelas funções a que se destina?” (p.20), por outras palavras, a forma deverá sempre ser pensada destinada à sua função e não pela sua estética. A estética deverá só ser pensada à posteriori como consequência do espaço e da sua função, ganhando mais informação. Assim sendo estas formas orgânicas surgem com a necessidade de quebrar os cânones da arquitetura clássica, criando espaços diferentes, causando sensações diferentes

na apropriação do espaço. Le Corbusier (1887-1965) diz, “A arquitectura é uma coisa plástica”. Então o arquiteto deve “moldar” à sua maneira a sua obra. Como podemos verificar na figura 12, um amontoado de paralelepípedos à esquerda tal como um esquema programático de um edifício com vários pisos, sem grande definição de forma, por outro lado, temos uma forma definida por vários espaços com formas diferentes que interagem entre si, criando uma forma com identidade própria comparando ao amontoado de paralelepípedos. É preciso ter em consideração que uma forma para ter qualidade arquitetónica, não tem necessariamente de ser ortogonal ou orgânica, tem sim de respeitar o programa projectual, atribuir funcionalidade aos espaços.

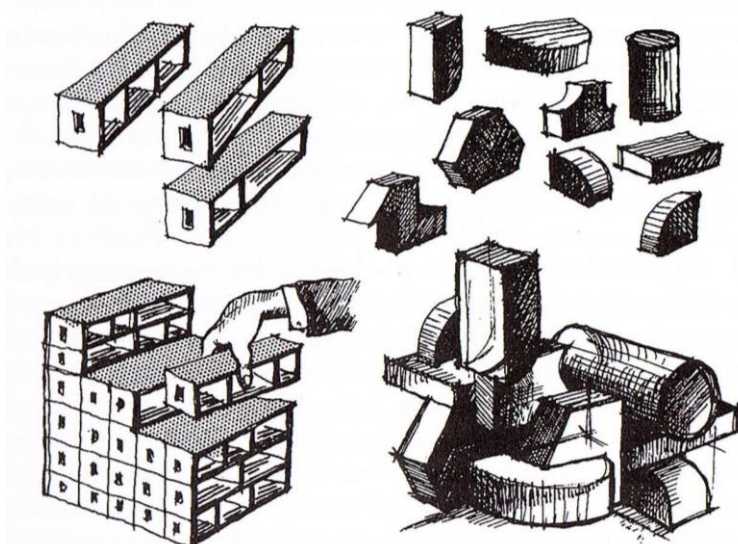


Figura 12 – “Outside the box” Fonte: ZEVI, Bruno (1996), A linguagem Moderna da Arquitectura, p.20

Bruno Zevi (1996) afirma que a forma como cada edifício mostra a sua identidade perante um local, é sinónimo da sua presença e afirmação. Conhecemos as pirâmides de Gize, pela sua forma, e associamos a um espaço físico, assim como a Torre Eiffel em Paris. É por isso necessário, produzir formas com mensagem, através de conceitos fortes que marcam o espaço, e o identificam como único. Os modelos tridimensionais são parte integrante desse processo de produção.

Por fim, Bruno Zevi (1997), afirma “Simetria = necessidade pungente de segurança, medo da flexibilidade da indeterminação, da relatividade, do crescimento, em suma, do tempo vivido” (p.23). Ou seja, o autor questiona a simetria, dentro dos parâmetros da morfologia da forma, pela sua indeterminação em relação ao “esquizofrénico” das formas orgânicas.

3.1.7 Orgânica

A forma orgânica surge para quebrar os cânones clássicos da arquitetura, o ortogonal e o simétrico. Bruno Zevi (1997) diz que, “o esquizofrénico não suporta o tempo vivido; para controlar a angústia, exige a imobilidade” (p.23). Ou seja, a arquitetura orgânica traz a ideia de metamorfose, de algo que está em movimento, como não suporta o tempo vivido, precisa de transformar de se movimentar. Como Baeza (2013) afirma, “A IDEIA cuja materialização nos dá a ARQUITECTURA” (p.48). A forma orgânica não passa de uma ideia do arquiteto, que quis sair fora dos cânones, criando novas sensações ao homem materializando-a através do espaço. Posto isto, de acordo com o autor anterior, o interesse nesta materialização das ideias passa pela sua morfologia, pela sua materialidade e pela sua espacialidade enquanto objeto arquitetónico.

Na elaboração de modelos tridimensionais orgânicos, surgem algumas dificuldades na representação, visto que é mais difícil a representação de superfícies curvas, do que de planas. Em todo o caso, a utilização de materiais mais maleáveis ajuda nesta problemática. Visualmente um modelo orgânico, causa maior impacto que um ortogonal. As ‘NURBS’, e os parâmetros têm tido grande utilidade para criar formas que à partida são mais difíceis de modelar com os métodos geométricos mais convencionais.

BAEZA diz (2013) que se tivermos um espaço de igual dimensão cúbica, este pode ser pensado de várias maneiras diferentes, no entanto, se a sua forma geral for alterada para um espaço cubico ou um espaço cilíndrico, e ou um espaço esférico, as medidas mudam consoante a sua morfologia e a captação físico-óptica do espaço. Ou seja, o homem capta os vários planos que o espaço possa conter, contudo, se o espaço for cilíndrico, surgem apenas dois planos, o cima-baixo. No lateral, surge a sensação de prolongamento por ser curvo. Já num espaço cilíndrico, essa sensação transparece em todo o espaço. A arquitetura orgânica cria novas sensações espaciais ao seu utilizador, como podemos verificar na figura 13, mostrando o conceito “out of the box” (Zevi, 1997), ou seja, a arquitetura a sair da caixa ortogonal para uma linguagem livre.

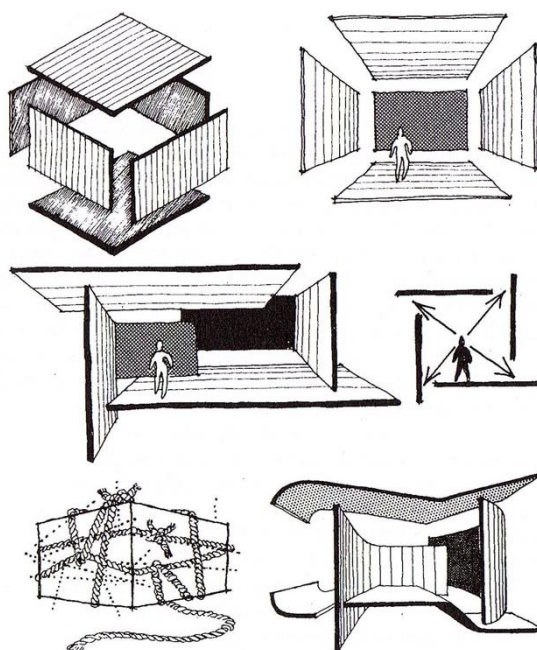


Figura 13 – “Outside the box” Fonte: ZEVI (1997), Bruno, A Linguagem Moderna da Arquitectura, p.35

Baeza (2011) descreve, “Hoje presta-se culto à pele do edifício” (...) “É vista como entediante a arquitetura que não roda nem se torce ou retorce.” (p.21). Ou seja, a arquitetura orgânica através do show-off dos ateliers, procuram mostrar novas formas, no entanto, fazem transparecer a ideia de que a arquitetura ortogonal é aborrecida. Sendo esta ideia totalmente errada, só por um volume ser orgânico, não quer dizer que seja um espaço interessante. As suas características arquitectónicas é que o fazem ser interessante. Por exemplo através dos seus materiais, como afirma Baeza (2013) em *Pensar com as mãos*:

“O aço e com ele o betão armado, e o vidro plano em grandes dimensões foram materiais maravilhosos que possibilitaram um dia a consideração de concepções espaciais novas: O espaço contínuo, a paisagem sublinhada, a transparência total, os grandes espaços adintelados, a decomposição da caixa, o plano flutuante, são alguns dos temas que protagonizaram inúmeras arquitecturas modernas.” (p.34)

3.2. INSTRUMENTOS OPERATIVOS

3.2.1 Instrumentos operativos analógicos de criação e transformação da forma

1. Maquetes

As maquetes criadas analogicamente através do processo de pensar com as mãos, são o instrumento mais antigo e que sempre acompanhou a arquitetura durante o seu desenvolvimento. Articular o pensamento de projeto com a maquete, possibilita ao criador visualizar a forma do projeto antes da sua construção, ao nível espacial, material e físico. As maquetes podem ser elaboradas com diferentes materiais e estes podem influenciar na materialidade do projeto final. As maquetes podem ser de estudo de forma, estudo de estrutura ou de estudo de detalhes.

3.2.2 Instrumentos operativos digitais de criação e transformação da forma

1. CAD | Computer - Aided Design

O 'CAD – Computer - Aided Design', também conhecido por 'DAC – Desenho Assistido por Computador', é essencialmente, uma forma de desenho que facilita o trabalho em desenhos técnicos especializados, sendo inovadora em muitas áreas, entre elas, a arquitetura, a engenharia e o design. Como afirma John Fitch (1963) no seu documentário científico *MIT Science Reporter* (MIT & WGBH, 1963), o primeiro sistema computacional criado pelo homem com as características 'CAD' foi o 'Sketchpad, desenvolvido por Ivan Sutherland, em 1963, como estudo para obtenção do seu doutoramento. O 'Sketchpad' revolucionou a engenharia informática, mas também todo o conceito da indústria de desenho.

Numa fase inicial, este tipo de plataforma, era direccionada para desenhos técnicos. A sua maior valia, é a possibilidade de corrigir, apagar ou inserir novas formas de desenho, aumentando a produtividade projectual em termos de velocidade. Esta também é dotada de opções 'standard' de representação, onde se poderá desenhar com expressividade, mesmo que não possua grandes conhecimentos da interface.

Na generalidade esta ferramenta computacional é utilizada para desenhar em duas dimensões, ou seja, desenhar em planta, corte e alçado, contudo, podemos fazer 'extrude' de superfícies criando formas a três dimensões. A geometria em 'wireframe', possibilitou este avanço nas plataformas 'CAD', criando pontos no espaço e linhas para conectar esses pontos, gerando sólidos com superfícies, arestas e pontos. Basicamente, são introduzidos princípios geométricos e matemáticos oferecendo ao desenhador esta liberdade projectual. Segundo

Blanco, Alonso e Barreiro (2016) [...] la Representación Arquitectónica actual se ve cada día más asistida por las nuevas tecnologías y sistemas, éstos han revolucionado y cambiado tan substancialmente no sólo la expresión gráfica de la arquitectura, sino también su docência, passando del estudio del lenguaje gráfico bidimensional – proyecciones planas y perspectivas – al estudio de las nuevas técnicas actuales: virtualidade, fotogrametria, CAD, infografia, ciberespacio, maquetas digitales, etc. [...] (p.437). Ou seja, de acordo com os autores anteriores, o aparecimento do computador, e das plataformas ‘CAD’, facilitaram e muito o progresso a nível projectual. A rapidez do processo, a facilidade em apagar, copiar, criar, adicionar elementos gráficos, todas estas operações, ficaram mais fáceis, e o arquiteto, não precisa de iniciar um desenho novo, quando pretende efetuar alterações no projeto. Sendo o desenho através de computador, uma das ferramentas mais importantes para a arquitetura contemporânea, principalmente, na parte conceptual de projeto, onde é necessário testar várias hipóteses, de desenho, forma e conceito.

John Walker (1982) citado por Zampi e Morgan (1995) afirma que:

[...] “isn’t just about drawing things with computers. It’s about designing every manufactured object we use. The CAD revolution is having effects on the material world of far-reaching importance: to see the computer as only an extension of drawing board is to ignore vital aspects of this.” [...] (p.45)

De acordo com a afirmação anterior de Walker, o ‘CAD’, instrumento operativo digital, afirmou-se como uma ferramenta de enormes potencialidades, ou seja, o seu utilizador pode desenhar qualquer objeto, e criar novos objetos para serem produzidos industrialmente. Ignorando o pensamento de que esta plataforma é apenas uma extensão do desenho à mão, não aproveitando todas as potencialidades que esta plataforma permite na produção de objetos, desenvolvidos no máximo detalhe possível, pensando na funcionalidade que terão no quotidiano humano.

Como afirma David E. Weisberg (2008), “The initial transition to three dimensions was done using wireframe geometry – points in space and the lines connecting these points.” (p.2-10). Ou seja, o sistema ‘Wireframe’ em plataformas ‘CAD’, introduziu o pensamento a três dimensões, funcionando através da criação de pontos no espaço, que posteriormente, interligados por retas, gerando superfícies, que tanto podem ser planas ou curvas. Assim como as ferramentas de desenho 2D, que permitem desenhar em 3D, criando vistas axonométricas ou em perspetiva, com o objetivo de ter uma visão mais abrangente sobre o

projeto. Ainda de acordo com a afirmação anterior do autor, este sistema, só possibilita ter a percepção do projeto em linha, não contendo superfícies, ou seja, não é um volume fechado, é possível ver o interior e todas as arestas de cada volume, como se pode ver na figura 14. Como afirma Weisberg (2008) “Moving from wireframe and surface geometry to solids modeling”(p.2-13), ou seja, depois do sistema de modelagem ‘wireframe’, surgiram outros tipos de modelagem, como o ‘Solid Modeling’, e o ‘Realistic Modeling’. Respetivamente, o primeiro, funciona como uma vista a três dimensões onde se contempla, o projeto em volume, com superfícies fechadas ao contrário do ‘Wireframe’. O segundo, é uma outra vista a três dimensões, contudo, é uma representação realista, onde para além do volume, é possível identificar os materiais que aparecem com determinada textura ou forma, previamente formatada pelo projetista.

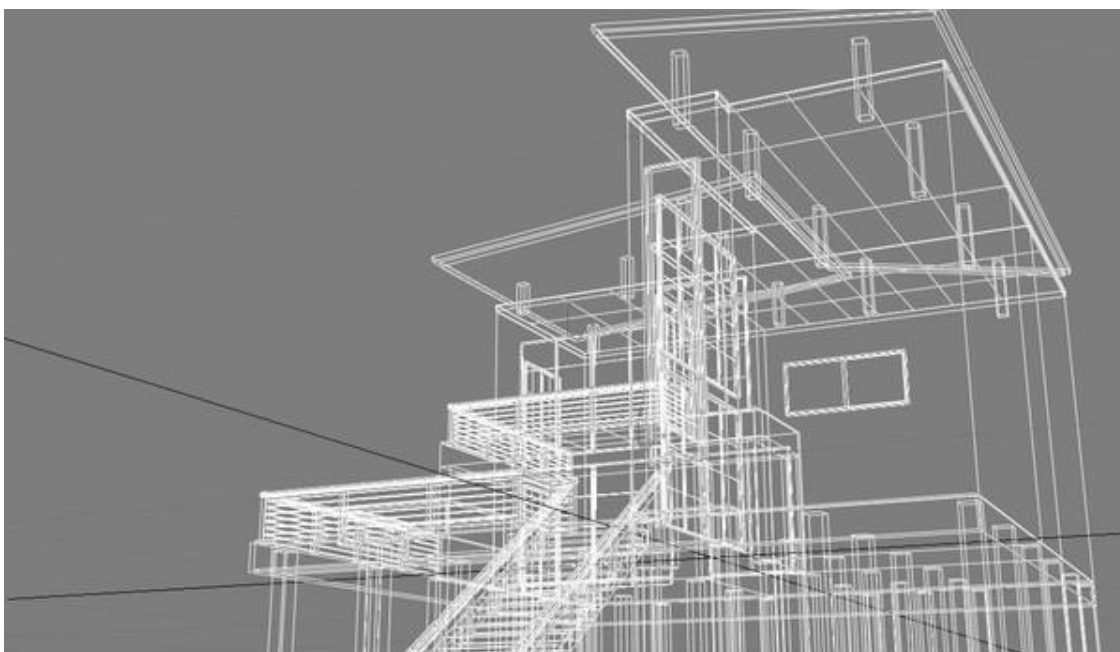


Figura 14 - Zannella - Beach House Wireframe – Fonte: <http://www.turbosquid.com/3d-models/beach-house-3d-model/578819>

Kolarevic afirma (2001) [...] This new fluidity of connectivity is manifested through “folding,” a design strategy that departs from Euclidean geometry of discrete volumes represented in Cartesian space, and employs topological, “rubber-sheet” geometry of continuous curves and surfaces, mathematically described as NURBS, Non-Uniform Rational B-Splines. [...] (p.118). De acordo com o autor anterior, o aparecimento das ‘NURBS – Non-Uniform Rational B-Splines’, também denominadas de ‘CNC’ – computer numerically controlled, em plataformas ‘CAD’, impulsionaram o desenvolvimento da forma em arquitetura, muito pela sua facilidade em produzir superfícies complexas. Embora o seu aparecimento tenha sido através das engenharias, para produzir pormenores de maquinaria complexa, a

arquitetura passou a utilizar bastante as 'NURBS', muito pela evolução dos materiais construtivos produzidos em fábrica, e a sua capacidade de simular formas, que comparando com as maquetas analógicas seriam muito mais difíceis de representar, do que nas plataformas digitais.

2. CAAD | Computer-Aided Architecture Design

Como afirma Schmitt (1999) "The term computer-aided architectural design (CAAD) connects the two worlds and points to the original idea behind using computers in architecture: to improve the built, physical environment by providing the best instruments and methods for the creators of architecture" (p.5). Ou seja, O 'CAAD' surge na arquitetura com a necessidade melhorar as plataformas 'CAD', representando espaços arquitetónicos detalhados através do computador, por forma a melhorar a relação com a construção e detalhes arquitetónicos do projeto. Como podemos verificar na figura 15, trata-se de um modelo 'CAAD', que representa uma habitação, onde é possível verificar a volumetria, os interiores, as transparências, a estrutura, detalhes arquitetónicos e também objetos '3D' que representam os objetos e mobílias da habitação. Assim o arquiteto consegue testar a sua arquitetura e criar imagens para comunicar o seu projeto aos clientes. Schmitt também afirma (1999) "Drafting is not the main purpose of computers architecture anymore." [...] "Architecture today consists of a complex process, a complex product, and a complex life cycle. In all phases, the computer is involved"(p.5). De acordo com as afirmações do autor, entendemos que o desenho não é suficiente na arquitetura atual e que a mesma tem acompanhado as novas tecnologias, desenvolvendo novas ferramentas para auxiliar na conceção arquitetónica. Assim sendo, o computador não é mais uma ferramenta de desenho, mas sim uma ferramenta fundamental a toda a prática da arquitetura atual, como na elaboração dos modelos 'CAAD', imagens 3D renderizadas dos espaços a desenvolver, e todas as outras fases complexas inerentes a um projeto de arquitetura, introduzindo a ideia de design integrado referido por Branko Kolarevic em *Towards Integrative Design*.



Figura 15 – Modelo CAAD' da Jade Architectural Design - Fonte: <http://www.jadearchitecturaldesign.co.nz>

3. BIM | Building information Modeling

Segundo HERGUNSEL (2011), o 'Building Information Modeling' é uma representação tridimensional de um edifício com todas as suas características intrínsecas. Existem muitas definições sobre o que é um sistema 'BIM', contudo, a mais simples será afirmar, que se trata de uma plataforma, onde a ferramenta e o processo são um só. Ou seja, um projeto 'BIM' contempla um número imenso de áreas, que funcionam todas numa única plataforma, todas com o mesmo objetivo em comum, elaborar um projeto, simulando a realidade, poupando tempo e custos de forma eficiente. Esta plataforma pode ser vista como um 'framework', uma estrutura com várias valências, todas elas interligadas entre si, com o mesmo objetivo.

À medida que o projeto vai evoluindo, o desenho é proporcionalmente ajustado em todas as vistas da interface. O 'Building Information Model', pode ser projetado numa plataforma que não seja paramétrica, contudo, seria muito complicado, gerir a informação e geometria na sua definição do modelo. A maior parte do software 'BIM', dispõem de motores de renderização e um ambiente de programação, onde será possível criar os componentes do modelo. O utilizador pode ver e interagir com o modelo a três dimensões, bem como trabalhar em plano bidimensional, em planta, corte e alçado.

Um edifício paramétrico com capacidade de modelação, permite ao utilizador criar restrições, que estão ligadas por exemplo a uma limitação de cotas de um conjunto determinado de paredes, que automaticamente, é ajustável pelo modelo criado no banco de dados, estando estes modelos ligado à geometria. Este desenvolvimento das plataformas

‘BIM’, acontece principalmente, pela necessidade da indústria de arquitetura querer diminuir o trabalho demorado em plataformas ‘CAD’, e possibilitar aos ateliers uma maior rapidez na produção dos projetos, tendo até vários ao mesmo tempo. Segundo BERGIN (2011), “The software that has disrupted traditional methods of representation, and collaboration in architecture.”¹¹

Os ‘Building Information Models’, surgem no desenho de arquitetura, como forma de evolução das plataformas já existentes, dando a possibilidade de simular a realidade através do computador. Em 1962, Douglas C. Englebart, descreve o futuro arquiteto, apresentando alguns conceitos iniciais das plataformas ‘BIM’, no seu texto, ‘Augmenting Human Intellect’. O próprio sugere um projeto, utilizando um objecto, com possibilidades em de manipulação paramétrica num banco de dados relacionado.

“The architect next begins to enter a series of specifications and data—a six-inch slab floor, twelve-inch concrete walls eight feet within excavation, and so on. When he has finished, the revised scene appears on the screen. A structure is taking shape. He examines it, adjusts it... These lists grow into an ever more-detailed, interlinked structure, which represents the maturing thought behind the actual design.”¹²

O que viria a se tornar realidade algumas décadas mais tarde, comparando com esta citação de François Lévy (2012). Onde os ‘BIM’ mostram algumas das características, referidas no passado.

“Building information modeling: an architectural software environment in which graphic and tabular views are extracted from data-rich building models composed of intelligent, contextual building objects.”¹³

Os ‘BIM’, como sistema paramétrico é mais do que isso. Não se trata apenas de desenhar linha a linha, mas sim, desenhar forma, atribuir design a um determinado volume, atribuir características construtivas específicas a um determinado objeto. Uma das suas vantagens, é o seu sistema de vistas que possibilita desenhar e manipular a forma com maior liberdade e perceber no momento as potencialidades que a forma poderá ter. É preciso ter

¹¹ BERGIN, Michael S. (2011) – Architecture Research Lab – www.archdaily.com

¹² ENGLEBART, Douglas C. (1962) – Augmenting Human Intellect - www.archdaily.com

¹³ LÉVY, François (2012) - BIM In Small-Scale Sustainable Design, p.8

em conta que esta plataforma, para além de criar a forma, automaticamente, gera desenhos em todas as vistas.

Uma das grandes diferenças, entre as plataformas 'BIM' e outras, é que quando se inicia um projeto, é necessário pensar no projeto como um todo, e não apenas como um desenho. É necessário entender, a interação dos materiais, como é constituída a forma, tudo isto, vai incidir nos cálculos, térmicos, acústicos ou nos custos totais da obra.

Como afirma Branko Kolarevic (2009) "Building information modeling (BIM) has emerged as a technological paradigm promising a way to encode comprehensively all the information necessary to describe the building's geometry, enable various analyses of its performance" (p.337). Ou seja, segundo o autor anterior, os 'BIM' surgiram como uma ferramenta digital que pretende relacionar vários processos, possibilitando a junção de informação de um projeto, sendo possível analisar como um todo, ou apenas como um caso específico. Por exemplo quando se desenha uma parede em planta, automaticamente é criado um volume da mesma, esta é uma das inovações que marca as plataformas 'BIM'. Isto porque os objetos são paramétricos e têm características que lhe dão forma, sendo possível executar alterações para adaptar ao projeto. Desta forma, o arquiteto pode simular o que pretende, mudando apenas para a vista a três dimensões, vendo as alterações no momento. Cada objeto depois de selecionado, aparece contemplado nas opções do painel de edição, onde é possível, alterar os materiais, dar as medidas desejadas para criar as várias camadas da parede, sem ter de as desenhar, como nas plataformas CAD.

Como afirma Kolarevic (2003) "The ability to digitally generate and analyze the design information, and then use it to directly manufacture and construct buildings, fundamentally redefines the relationships between conception and production – it provides for an informational continuum from design to construction."(p.54). Ou seja, é necessário projetar de acordo com a construção real, começando pelas fundações ou a laje estrutural, seguidamente, pelas paredes e assim, sucessivamente até à cobertura. Posteriormente, poderão ser criadas as geometrias dos soalhos, adicionados, equipamentos, como camas, cadeiras, mesas, etc., para dar mais expressão ao desenho em planta. Ainda de acordo com afirmação do autor anterior, este tipo de plataformas 'BIM', tem uma vantagem enorme sobre as plataformas 'CAD', quando se trata de design de construção, ao desenharmos em planta, automaticamente, o programa gera, alçados, cortes e visão a três dimensões, porque não se trata apenas de criar um desenho plano, mas sim, um elemento a três dimensões com informações específicas. Por outro lado, esta facilidade, também pode comprometer um pouco o projeto, visto que, ao criar volumetria, o arquiteto poderá ficar satisfeito com o resultado, sem questionar outras possibilidades projectuais. Posto isto, o arquiteto deverá conseguir

dominar todas as fases de projeto, pois mostra a sua organização na criação e gerenciamento de um projeto 'BIM', cada vez mais importante na arquitectura, tendo em conta as palavras de Branko Kolarevic, [...] "the "holy grail" of the (computer-aided design research community) that is generated, controlled and managed by the designer" (p.54).

Normalmente, para atribuir a um projeto o aspeto gráfico da figura 15 (anteriormente demonstrada), utilizando o software Autocad como referencia de estudo em plataformas CAD, seria necessário, um trabalho extra a nível do 3D, puxando linhas com o comando 'extrude', contudo, no software Revit, só é necessário uma pré-configuração de cotas nos elementos parede, e intuitivamente, o projeto se desenvolve em 3D. Esta visão é muito útil, para entender as comunicações do espaço, as comunicações volumétricas e as comunicações com o terreno ou local de implantação, sem precisar de elaborar uma maquete de estudo, para o efeito. A visão a três dimensões também é importante, para detetar possíveis erros projetuais, que em planta não são visíveis.

As plataformas BIM, apresentam ferramentas 3D muito úteis. Para além da possibilidade de ver o projeto em volumetria, é possível também, criar imagens que simulam a realidade através de renderes, captados por câmaras colocadas estrategicamente pelo projeto. Neste sentido, a capacidade expressiva destas plataformas, nomeadamente, no software Revit, é elevada. É possível, ver a materialidade dos materiais criados, as transparências, as sombras a forma como o projeto se conecta com o terreno, etc.

Ao contrário das plataformas 'CAD', em que o pensamento é direcionado exclusivamente para o desenho linha a linha, nas plataformas 'BIM', por serem paramétricas, podemos abordar a forma do ponto de vista conceptual, (por exemplo com o modulo de programação virtual 'DYNAMO' para Revit), onde é possível trabalhar a forma desde uma fase mais primitiva, e onde posteriormente, poderá ser desenvolvido, um projeto com características 'BIM – Building Information Modeling'.

Com as ferramentas 'BIM', o projeto é "construído" através de objetos com informação intrínseca, ou seja, por exemplo, uma parede, pode ser formatada com informações específicas, com um determinado grau de representação. Este processo, numa plataforma 'CAD', não seria possível, pois é necessário desenhar tudo. Para além de desenhar a parede, o programa, cria a sua forma volumétrica, sendo possível verificar no momento a volumetria através do motor de vistas do Revit, incluindo a vista a três dimensões. Posto isto, quando se trata de um desenho em planta 'BIM', o desenho é mais rígido em

termos de expressão, contudo, é muito mais intuitivo que o desenho 'CAD', por se tratar de desenho paramétrico. Por esse motivo, é mais fácil experimentar soluções e formas arquitetônicas, neste tipo de plataforma, em relação às plataformas geométricas. As plantas desenvolvidas em Revit, ficam com um traçado mais rígido. Por outro lado, a velocidade na concretização das mesmas é totalmente diferente. Ao criar, paredes, lajes, aplicar vãos e janelas, a liberdade de experimentação é maior, a velocidade de produção triplica, em relação às plataformas 'CAD', onde seria necessário desenhar tudo. Para fazer uma alteração numa medida ou material, basta editar, a plataforma automaticamente, configura o restante do desenho no caso de estarem presentes mais objetos com o mesmo nome ou especificidades. Para as alterações no piso basta editar as características do piso. A aplicação de mobiliário, funciona como nas plataformas 'CAD', a diferença, é que estes também podem ser utilizados a três dimensões, principalmente no motor de 'renders' do Revit.

4. Plataformas paramétricas

A evolução das plataformas digitais passa pela necessidade de transmitir e experimentar novas formas de conceber e projetar arquitetura. Desta forma, o computador teve um papel determinante nesta evolução, por ter a possibilidade de trabalhar com algoritmos e acelerando o processo de processamento do pensamento humano, possibilitando o aparecimento do desenho paramétrico. Criando um novo estilo, como refere Patrik Schumacher (2008) no seu texto, "Parametricist Manifesto":

"Contemporary avant-garde architecture is addressing the demand for an increased level of articulated complexity by means of retooling its methods on the basis of parametric design systems. The contemporary architectural style that has achieved pervasive hegemony within the contemporary architectural avant-garde can be best understood as a research programmer based upon the parametric paradigm. **We propose to call this style: Parametricism.** Parametricism is the great new style after modernism. Postmodernism and Deconstructivism have been transitional episodes that ushered in this new, long wave of research and innovation." ¹⁴

Por outro lado, as 'NURBS - Non-uniform rational B-Splines', foram as que mais influenciaram a geometria paramétrica, e o conceito de forma parametrizada. Pensadas pelo engenheiro Pierre Bézier (1910-1999) nos anos 50, possibilitaram uma nova abordagem perante superfícies livres, aplicando a matemática, gerindo uma superfície tridimensional

¹⁴ SCHUMACHER, Patrik – Parametricism as Style – Parametricist Manifesto - 2008 - www.archdaily.com

através de pontos. Volumetricamente, se um ponto é alterado, a superfície cria uma curva. E esses mesmos pontos também podem criar alterações num sólido, através de parâmetros associados aos pontos, movimentando as curvas criadas no espaço, distorcendo a sua forma.

Como afirma Branko Kolarevic (2008) “In parametric architectures, it is the parameters of a particular design that are declared, not its shape.”(p.121), ou seja, se forem atribuídos novos valores aos parâmetros de um determinado design, não é a forma que se afirma, mas sim os seus parâmetros, e as relações que os próprios criam em determinado objeto através da geometria que o constitui. Esta forma de pensar completamente diferente das plataformas modulares, atribui um grau de dificuldade maior na produção de modelos tridimensionais e exige mais formação por parte dos utilizadores por não ser uma plataforma tão intuitiva como as modulares. Ainda de acordo com a afirmação do autor anterior, as empresas como a Autodesk etc., desenvolveram ‘plug-ins’ como o ‘Grasshopper’ e o ‘Dynamo’, uma ligada ao Rhinoceros e outra ao Revit, respetivamente, possibilitando a criação e geração de formas paramétricas com mais liberdade. Ambos os ‘plug-ins’ servem como extensão a plataformas ‘BIM’, o ‘Grasshopper’ no Archicad e o ‘Dynamo’ no Revit, como podemos ver na figura 16, isto possibilita para além das suas potencialidades em design, o controlo da informação do modelo enquanto a forma está a ser alterada, ou seja, o controlo dos parâmetros.

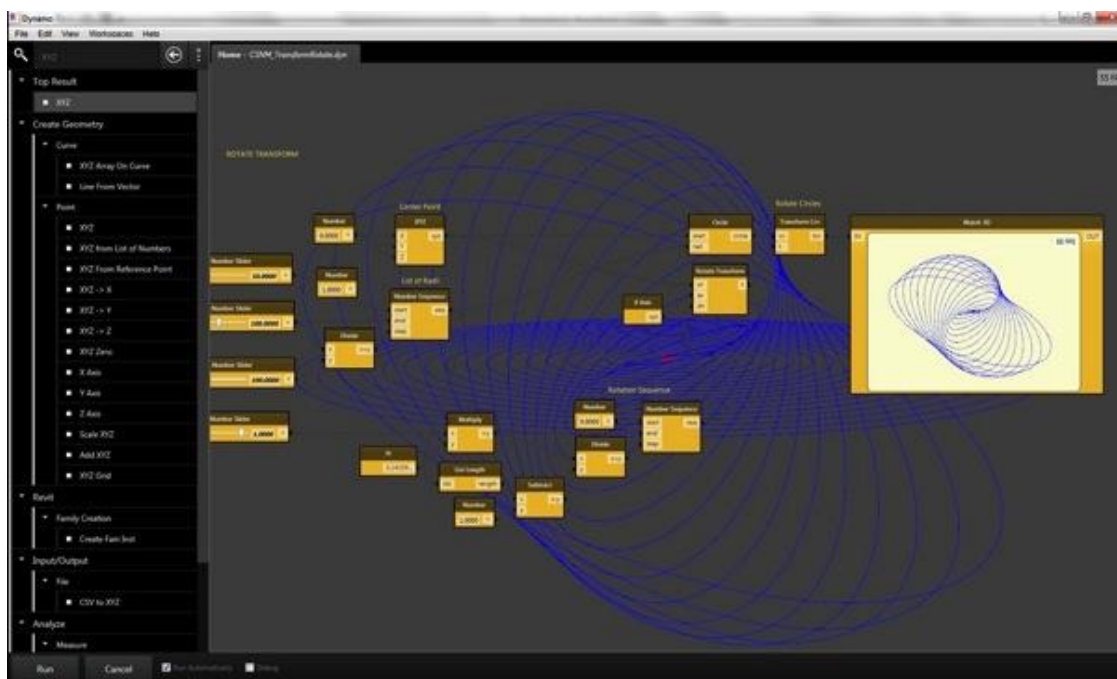


Figura 16 – interface do ‘DYNAMO’, extensão do Revit -

<http://www.theprovingground.org/2013/06/dynamo-visual-programming-for-bim.html>

Por fim, como já foi referido anteriormente, o design paramétrico, concede diferentes formas de pensar e criar arquitetura. Neste contexto, surgem ferramentas com aptidões cada vez mais direcionadas para a experimentação, sendo que os diferentes softwares estão cada vez mais presentes aceitando estas várias valências. Contudo, são os parâmetros que criam e alteram forma, mas são os arquitetos que têm a capacidade de gerar novos designs através das novas tecnologias como afirma Kolarevic (2008) “The capacity of parametric computational techniques to generate new design opportunities is highly dependent on the designer’s perceptual and cognitive abilities” (p.121).

5. Impressão 3D | 3DP – ‘Three-Dimensional Printing’

A impressão 3D também conhecida como 3DP - Three-Dimensional Printing’ surge na arquitetura através da evolução natural dos processos de fabricação, sendo inventada por Chuck Hull em 1984. Segundo Kolarevic (2001), este tipo de fabricação desenvolve-se num processo de adição, layer sobre layer, ou seja, são impressas várias camadas até gerarem a volumetria do objeto. Existem vários tipos de impressão, a SLA-Stereolithography, a SLS – Selective Laser Sintering, 3DP - 3D Printing, a LDM – Laminated Object Manufacture, a MJM – Multi-jet manufacture, e por fim, a mais usada atualmente a FDM – ‘Fused Deposition Modeling’, ou seja, um plástico de filamento que derrete à medida que o laser entra em contacto, desenhando a forma com os movimentos da impressora layer sobre layer. Um dos problemas adjacentes à impressão 3D, é o tamanho de produção das maquetas, o tempo de produção e os custos que as mesmas possam vir a ter, e também são limitadas ao fabrico em aplicações de construção e produção. Este tipo de produção é utilizado no design e na construção; em design os modelos são produzidos com geometrias complexas, no intuito da experimentação de várias formas orgânicas, encurtando os tempos da produção tendo em conta as formas complexas que em maquetas normais seria muito mais complicado a sua produção. Já na construção a impressão 3D é utilizada para produção em massa de componentes estruturais em aço leve ou na criação de padrões estéticos para fachadas. Contudo, segundo Kolarevic, as evoluções tecnológicas introduziram a aplicação de cimento camada sobre camada, com o mesmo pensamento da ‘FDM’.

3.3. A MANUALIDADE NA PRODUÇÃO ARQUITECTÓNICA

Como já foi mencionado acima, a produção de modelos tridimensionais está ligada aos instrumentos operativos analógicos e aos digitais. Embora ambos os instrumentos operativos tenham características diferentes e formas de execução diferentes, a verdade, é que ambos são produzidos pelo Homem. Através das suas mãos diretamente nos materiais maleáveis, criando formas palpáveis ou através de inputs de computador como o teclado ou o rato, criando modelos digitais. Ambas as formas foram obtidas manualmente, através dos movimentos das mãos.

De acordo com Nuno Mateus (2013) “Pensar a arquitetura de um edifício através da construção de maquetas é uma atividade de velocidade específica, lenta mesmo quando comparada com um desenho rigoroso, que em muito se deve às limitações próprias da sua construção (medir/cortar os materiais/manipular/montar, etc), mais compatível com a velocidade de um raciocínio”(p.71). Ou seja, segundo o autor anterior, as maquetes tem o seu tempo de produção, tem o seu “TEMPO” comparando com Baeza (2013. p35), e tem a sua a “GRAVIDADE” do mesmo autor (2013. p35), por outras palavras a sua existência no nosso espaço, na nossa realidade. Desta forma, e tendo em conta o pensamento dos autores anteriores, compreendemos que as maquetes, ao contrário de um esquisso que também é uma ferramenta analógica do pensamento arquitetónico, tem um raciocínio mais rápido e mais abstrato. Mateus afirma (2013) [...] pendularidade acção-resposta [...] construir – avaliar – pensar – construir – avaliar [...] (p.72), por outras palavras a maquete é um objeto muito mais mutável, porque é um processo construtivo a uma escala reduzida. No entanto, se compararmos um modelo analógico com um modelo digital, observamos que no caso do digital, a escala é sempre a mesma. Segundo MATEUS (2013) “No computador, os dados são introduzidos em tamanho real, mas a perceção que nos propõe é oscilante em zoom in/ zoom out, independentemente da fase de estudo [...]” (p.72), ou seja, o computador é uma ferramenta rigorosa.

Já Mateus (2013) refere “a imposição das mãos” (p.75). Esta afirmação pode ser contextualizada de duas formas, o pensamento analógico e o digital. Embora nos modelos tridimensionais digitais, não se verifique a mesma manualidade executada nas maquetas analógicas, são as nossas mãos que manipulam as “máquinas” na sua produção. Contudo, não existe uma relação direta entre o executante e o material, e a imposição das mãos torna-se secundária, por necessitar de um intermediário – o computador. É neste ponto que a manualidade se afirma perante o digital, através da sua imposição das mãos, onde segundo

Mateus (2013) “Não nos interessa tanto a manifestação da competência manual, mas antes da inteligência conceptual que essa manualidade despoleta (p.73).

Como já foi mencionado acima, sobre os modelos tridimensionais digitais, estes são desenvolvidos em vários tipos de plataformas como as ‘CAD’, as ‘BIM’, as paramétricas e a impressão 3D. Todas elas procuram a manualidade da arquitetura através do computador, contudo, estas plataformas trouxeram muitas valências ao nível da produção arquitetónica, mas sobretudo à produção de formas complexas, analogicamente difíceis de representar através da imposição das mãos. Segundo Kolarevic (2001) “They opened up new opportunities by allowing production and construction of very complex forms that were until recently very difficult and expensive to design, produce, and assemble using traditional construction technologies”(p.117). Por outras palavras, os modelos tridimensionais digitais elevaram o desenvolvimento da forma orgânica a outro nível, colmatando as falhas na produção dos modelos tridimensionais analógicos, principalmente pela possibilidade de conseguir visualizar e criar espaços que em maquete não seriam possíveis, ou por questões de forma, ou materialidade. A impressão 3D por exemplo, resolveu o problema da manualidade nos modelos digitais, ou seja, depois de impresso, o modelo fica palpável. Passou de digital a analógico, ganhando “GRAVIDADE” como afirma Baeza (2013) em *Pensar com as mãos* (p.34). Sem restrições de manualidade, a maquete virtual depois de impressa, pode ser tocada cortada, alterada.

Um aspeto fundamental, é o uso e controlo da manualidade potenciando novas estratégias de aplicação ou uso de ferramentas digitais de projeto, ou seja, desenvolver novas formas na geração de modelos tridimensionais, através de novos materiais ou novos processos construtivos, criando estratégias para vários tipos de pesquisa projectual, interligando as ferramentas analógicas com as digitais, por forma a melhorar a qualidade e o rendimento do trabalho. Por exemplo, se dobrarmos uma folha de papel, criamos uma forma rápida sem pensamentos pré-definidos, este tipo de raciocínio é caracterizado como criativo e ao mesmo tempo inconsciente, contudo, através de novas estratégias mais rigorosas, pensadas na aplicação e desenvolvimento da manualidade como ferramenta única analógica e digital. Como por exemplo uma plasticina maleável, mas que ao mesmo tempo desenvolve a forma no computador, através de uma malha geométrica a fazer lembrar os estudos de Frank Gehry com o ‘CATIA’, mas de uma forma muito mais natural e orgânica. A indústria faz parte desta evolução e procura pelas melhores ferramentas digitais de apoio à manualidade como afirma Kolarevic (2001) “As new digital processes of conception and production begin to permeate building design and production[...]” (p.274).

Por fim, é importante entender que entre os modelos tridimensionais analógicos e os digitais, não existe um pensamento de qual a melhor ferramenta gráfica para a comunicação entre o arquiteto e o “observador”, no fundo as duas são importantes e complementam-se. Existe sim, um pensamento de manualidade na criação. Como afirma KOLAREVIC (2001) “The capacity of digital architectures to generate new designs is therefore highly dependent on designer’s perceptual and cognitive abilities, as continuous, dynamic processes ground the emergent form, i.e., its discovery, in qualitative cognition” (p.119). Ou seja, segundo a afirmação do autor, o arquiteto necessita sempre da sua manualidade, da sua criatividade e cognição. Sem isso não terá capacidades para entender um modelo tridimensional digital.

PARTE IV – CASOS DE ESTUDO

4.1. MAQUETES | ESCOLA SUPERIOR TÉCNICA DO BARREIRO | ARX PORTUGAL

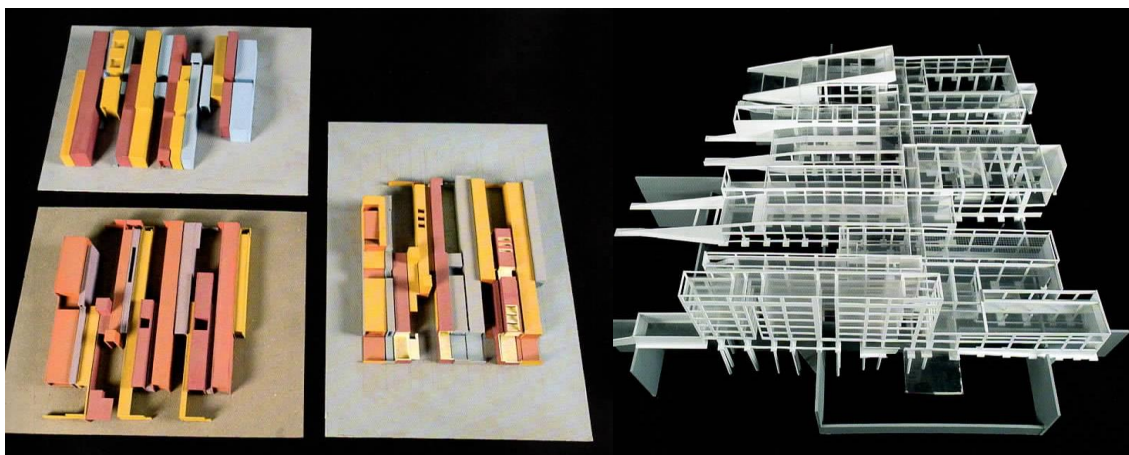
Os projetos do atelier ARX Portugal, são desenvolvidos conceptualmente através de um grande estudo de maquetes. É preciso perceber a importância dos ARX neste contexto da Era digital, tendo em consideração a sua perseverança na exploração da forma através de instrumentos analógicos. O computador é sem dúvida uma grande mais valia na arquitetura, no entanto, o pensamento através das mãos, é diferente quando é livre ao toque direto, em comparação ao toque num rato ou teclado de um computador. O modelador ao criar uma curva, sente aquele movimento através dos seus sentidos em contacto com o material, enquanto no computador o toque é impessoal e programático.

A escolha do projeto da Escola Superior de Tecnologia do Barreiro, teve a ver com o estudo em maquete que os ARX realizaram desconstruindo a forma e distribuindo os vários espaços do projeto pelas suas diferentes funcionalidades. Como podemos observar na figura 17 abaixo indicada, as maquetes de desconstrução da forma foram executadas através de vários volumes retangulares onde foi introduzido um movimento ortogonal, criando espaços entre eles. Também são visíveis alguns recortes para a luz entrar ou criação de espaços centrais. Também são utilizadas cores para determinar as funções dos espaços tendo em conta o programa do projeto. Estas maquetes mais simples com menos detalhe servem como experimento da forma e organização de ideias. Já na figura 18, foi desenvolvida uma maquete de estrutura, os ARX optaram por atribuir transparência à maquete para ver o espaço o espaço interior, fazendo lembrar um ‘wireframe’ tridimensional numa plataforma CAD, mas com a particularidade de ser possível tocar e moldar o ‘wireframe’ com as mãos.

Desta forma, conseguimos ter uma perspetiva de como os espaços interiores vão comunicar entre si e para além disso, como a estrutura pode influenciar a arquitetura.

O facto dos ARX Portugal, pensarem através das mãos, mostra-nos que na profissão de arquiteto, temos de nos distanciar, por vezes do computador. Como o computador é uma ferramenta operacional direcionada para o acabamento e produção de projeto, devemos deixar fluir a criatividade através do nosso corpo, voltar ao tempo de criança, onde tudo era novidade e a curiosidade era sempre muita. As grandes questões surgem a maior parte das vezes das coisas mais simples e não das coisas mais complexas.

Segundo NEVES (2007) os ARX executaram este projeto com a intenção de o dissimular, ou seja, criando um volume maior no alçado principal, para “esconder” o restante edifício, diminuindo aparentemente a sua escala. Por outro lado, este projeto situa-se nos subúrbios do Barreiro, numa zona em declive, pelo que possibilitou uma intervenção interessante, relacionando o terreno com as coberturas, criando um prolongamento do terreno sob as coberturas ajardinadas do projeto, adornando os vários projetos ao terreno, para mais uma vez dissimular volumetricamente o projeto. Para além disso, a divisão programática do projeto, recorre a um corredor de distribuição entre as várias salas com ligações visuais com o exterior.



Figuras 17 e 18 – Maquetas Escola Superior Técnica do Barreiro – ARX Portugal Fonte: NEVES, José (2007). Architecturas, p.117 e 119

Como podemos verificar no Anexo 4 da presente dissertação, referente à exposição ARX Arquivo, realizada no dia 13 de Agosto de 2013, na garagem sul do Centro Cultural de Belém, em Lisboa, o atelier ARX Portugal mostra a importância que dá à maquete no contexto da conceção de projetos de arquitetura. Para isso, expõem o seu espolio de maquetes que ao longo dos anos foi crescendo e serve como referência na arquitetura portuguesa e mundial.

Por fim, na figura 19, é visível a maquete final deste projeto com pormenores arquitetónicos. Este tipo de maquete é executada com bastante rigor e precisão, alguns ateliers contratam bons maquetistas para executar os vários tipos de maquetas como é o caso do atelier ARX Portugal, outros não dão tanta importância à maquete e apenas contratam uma empresa especializada, para a realização da maquete final. Este tipo de maquete é desenvolvida para conseguir recriar a ideia do arquiteto perante um local, ou seja, é executado um terreno que serve de base à maquetes, incluindo edifícios envolventes volumétricos sem grande detalhe, apenas para contextualizar o projeto, e ainda desenvolver as vias de acesso e até introduzir elementos de escala como árvores ou pessoas.

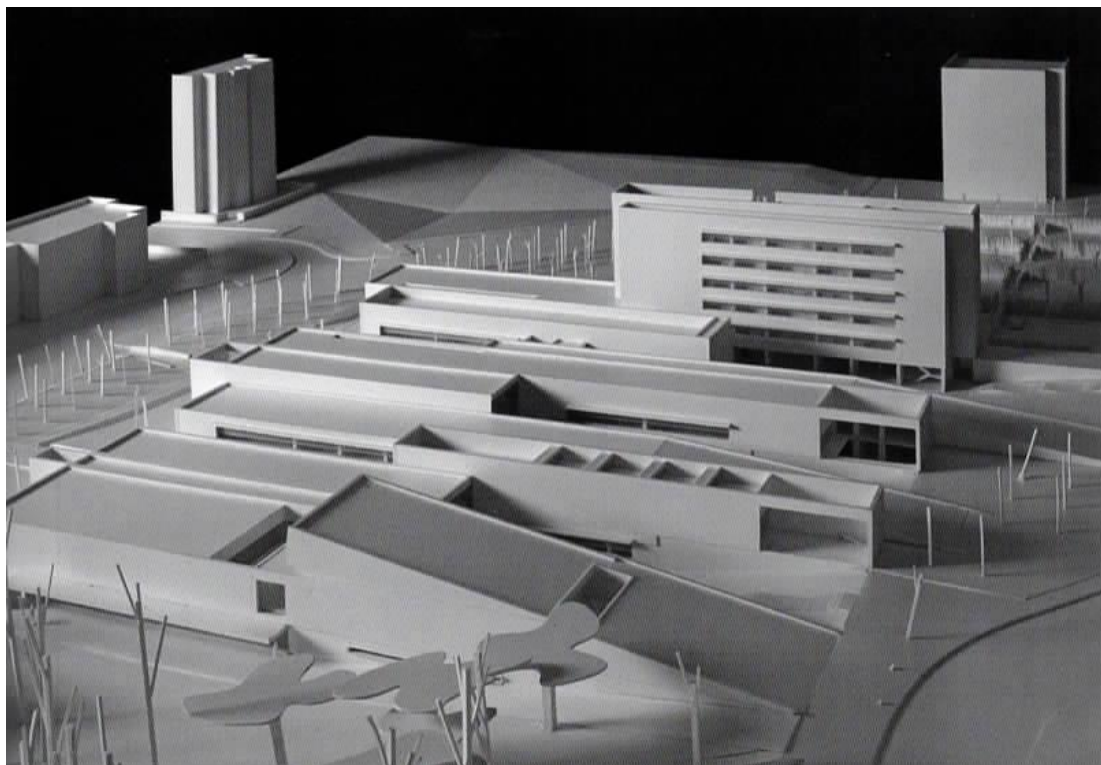


Figura 19 – Maqueta Escola Superior Técnica do Barreiro – ARX Portugal Fonte: NEVES, José, Architecturas, p.121

4.2. CONCEITO ATRAVÉS DA FORMA | LEGO HOUSE | BJARKE INGELS GROUP |

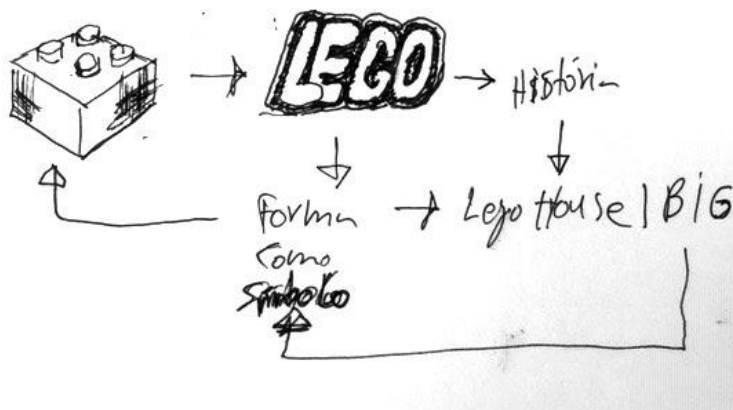


Figura 20 - Esquema desenhado pelo autor, sobre o projecto Lego House dos Bjarke Ingels Group, BIG, Billund, Dinamarca

“Lego House” é o nome do projeto desenvolvido pelo atelier Bjarke Ingels Group, realizado em Billund, na Dinamarca, e é sem dúvida um grande exemplo, de como a sua forma, baseada na peça mestra da LEGO, um paralelepípedo com oito cilindros no topo, segue um desenvolvimento intuitivo de experimentação, como se uma criança estivesse a definir a forma, aleatoriamente, através das peças. Um dos principais objetivos, foi transformar a zona de Billund na capital das crianças. Assumindo o espaço como um centro de cidade, onde tudo acontece à sua volta, surgem vários volumes com distância entre eles possibilitando a entrada de luz, criando uma praça de circulação, como podemos verificar nas figuras 21, 22 e 23.

A razão pela qual escolhi este projeto como caso de estudo para esta dissertação, assenta nas diretrizes do processo de experimentação e descoberta da forma ligada a conceitos, característica única dos projetos dos BIG. Por outro lado, este projeto serviu de inspiração, no caso dos modelos tridimensionais analógicos, ou seja, foram elaboradas maquetes em LEGO, vivenciando uma experiência através dos sentidos, bastante básica e intuitiva, com um material condicionado às suas formas standard. Este tipo de manualidade é desenvolvida desde criança, por se tratar de um brinquedo, no entanto, ela desenvolve percepções de tamanho, escala, cores, simetria, orgânica, etc., características essenciais à arquitectura.

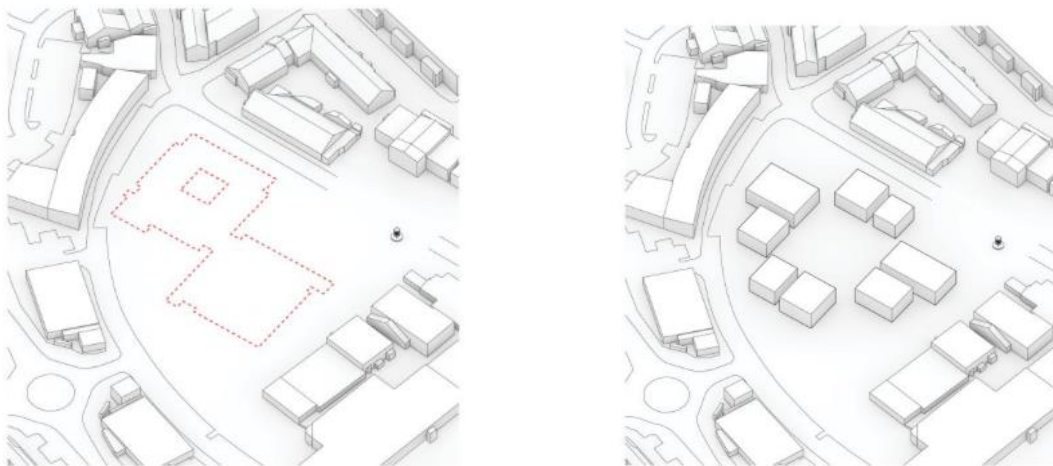


Figura 21 e 22 - Bjarke Ingels Group, BIG, Lego House, Billund, Dinamarca - Fonte: <https://big.dk/#projects-leg>

Nos pisos superiores, e sob a praça de circulação e respetivos volumes circundantes, são introduzidos mais volumes de forma aleatória, com a finalidade de criar mais salas para exposições, como se pode verificar na figura 20. Cada espaço segundo Kjeld Kirk Kristiansen (2018), ex CEO e ex proprietário da LEGO, no filme *LEGO House, Home of the Brick* (Falck & Vithner, 2018) procura mostrar a história e identidade da marca. Como podemos reparar, a forma de todo o edifício assenta numa construção de volumes, como se fosse, uma pilha de legos empilhada.



Figura 23 e 24 - Bjarke Ingels Group, BIG, Lego House, Billund, Dinamarca - Fonte: <https://big.dk/#projects-leg>

O último volume, é a sala de exposições principal, que se situa no ponto mais alto do edifício, onde a forma é literalmente, a peça mestra da LEGO, um paralelepípedo com oito cilindros no topo, como podemos verificar na figura 24, sendo esses cilindros aproveitados para entrada de luz zenital. Este espaço, tem como objetivo, ser a ponte para todos os outros espaços. Por fim, o arquiteto assume a cor das coberturas, através das cores primárias da LEGO, pintando os vários volumes com cores diferentes. O edifício fica com a forma de um monte de peças, como se tivesse sido uma criança a “brincar” naquele espaço. Porém o objetivo do conceito deste projeto é a identidade que a LEGO tem em Billund, criar a casa da LEGO, no local onde o mesmo foi inventado através da manualidade que o arquiteto impôs na sua criação. Se repararmos na figura 26, o edifício afirma-se perante o local, pela sua própria identidade e não pela sua configuração em relação aos edifícios adjacentes. Esta manualidade do conceito através da forma LEGO, foi a razão pela qual quis estudar este projeto para apoio à presente dissertação, visto que os BIG desenvolveram este projeto através de um pensamento de manualidade simples e funcional, apenas com a adição de blocos, ligando-os entre si, criando espaços. É esta manualidade que a arquitetura deve manter, mesmo através das novas tecnologias, estes simples gestos que diferenciam as arquiteturas pensadas manualmente, das arquiteturas imaginadas sem contato táctil, daí ser da máxima importância a exploração da forma na educação das crianças, pois serão os arquitetos do futuro.

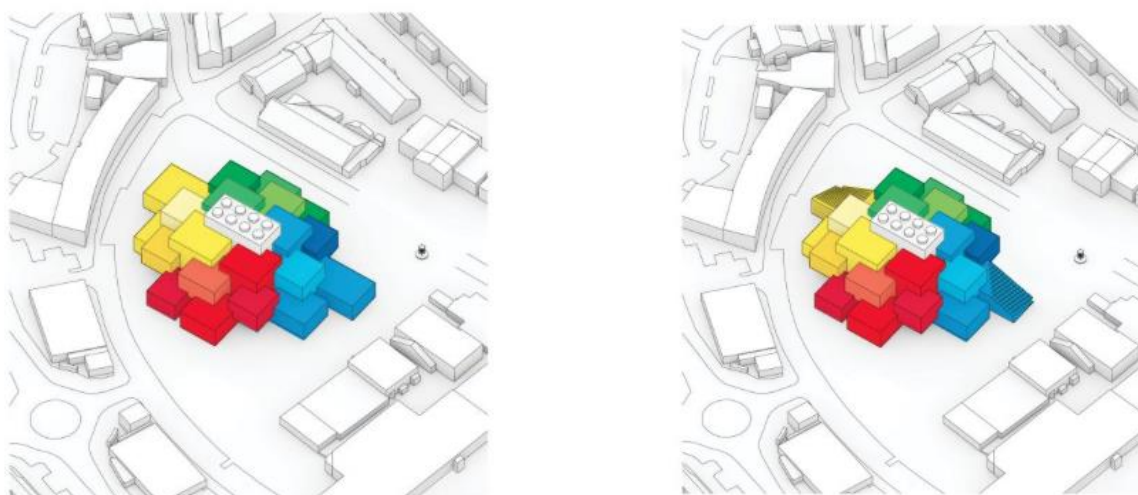


Figura 25 e 26 - Bjarke Ingels Group, BIG, Lego House, Billund, Dinamarca - Fonte: <https://big.dk/#projects-leg>

4.3. MODELOS 3D | ROLEX LEARNING CENTER | KAZUYO SEJIMA & RYUE NISHIZAWA | SANAA



Figura 27 - Rolex Learning Center, Kazuyo Sejima & Ryue Nishizawa, SANAA, Lausanne, Suíça, 2019 - Fotografia tirada pelo autor

O Centro de Estudos da Rolex, em Lausanne na Suíça, projeto dos Arquitetos Kayuzo Sejima & Ryue Nishizawa, do Atelier SANAA, encontra-se nas proximidades do lago léman com vista privilegiada para os Alpes Suíços. Este projeto surgiu com o nome de Learning Center, com o objetivo de melhorar e otimizar a comunidade universitária, dando acesso ao conhecimento para potenciar o intercâmbio de ideias entre a sociedade e a comunidade académica.

A escolha do Centro de Estudos da Rolex, em Lausanne, como caso de estudo, passa principalmente pela sua “simplicidade” na forma. Este projeto foi concebido através do volume de um paralelepípedo de baixa altura, gerando-se através de uma cobertura ondulada que acompanha a paisagem do local como podemos verificar na figura 27, sem ocultar as vistas privilegiadas para o lago, montanha e edifícios existentes. O projeto, contém uma laje de 60 centímetros de espessura, sendo que, foram recortados espaços elípticos, geradores de iluminação natural. Este tipo de arquitetura cria dinâmica entre os vários espaços do edifício, melhorando a sua comunicação. As ondulações do edifício, oferecem resistência ao vento, facilitam a circulação de ar e criam relações visuais nas várias cotas. A sua forma foi pensada, separando os espaços por funções distintas, contudo, por consequência da mesma, esta sugere a sensação de open space, com bastante transparência não rompendo com harmonia entre espaços. Para além das salas de aula e de espaços para estudo e

investigação, este edifício também dispõe de espaços para exposições e um auditório numa relação fluída entre eles, se verificarmos na figura 28.

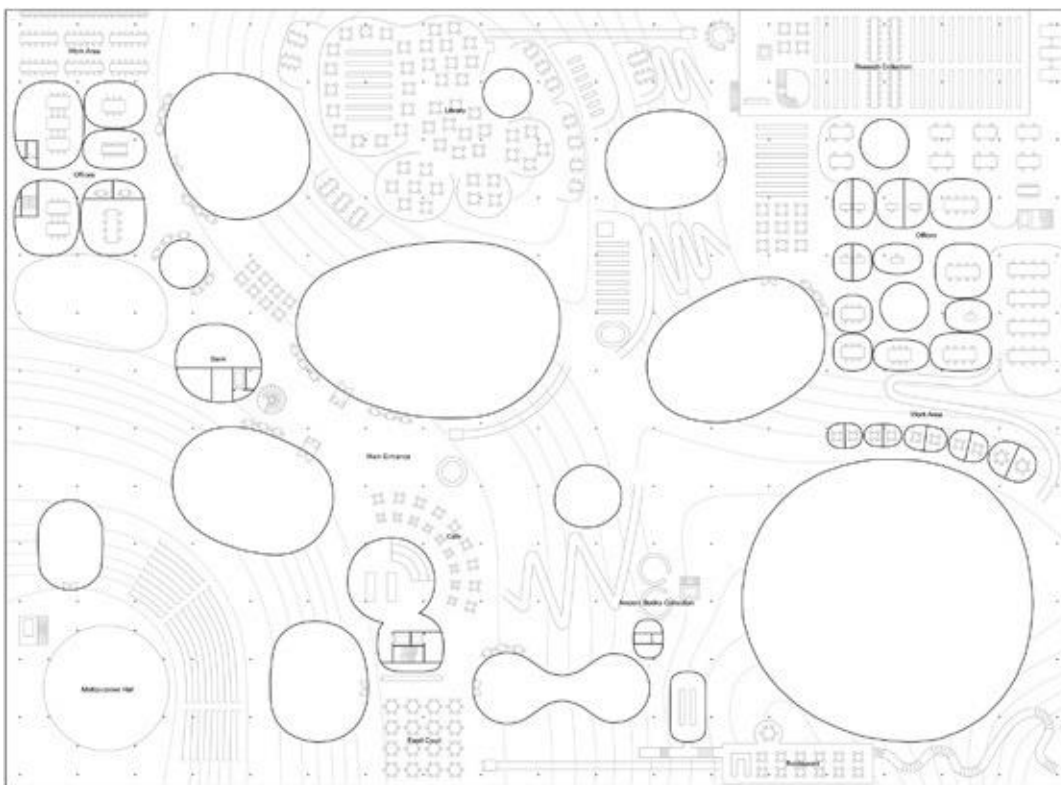


Figura 28 - Kazuyo Sejima & Ryue Nishizawa, SANAA, Rolex Learning Center, Lausanne, Suíça, 2010 - Fonte: <http://www.revistaveneza.wordpress.com/>

Como podemos ver no anexo 3 desta dissertação, Kazuyo Sejima foi uma das arquitetas convidadas para a conferência Close, Closer '11, realizada no dia 16 de Novembro de 2011, na Aula Magna em Lisboa, fazendo parte do ciclo de conferências da Trienal de Arquitectura. Sejima apresentou alguns dos seus projetos, entre eles o Rolex Learning Center. Começou por falar dos vários estudos que realizou, nomeadamente, estudos de estruturas, ventilação natural, aproveitamento de luz natural e a relação entre as vistas do projeto com a envolvente, etc. Para além de dar bastante importância ao conceito do projeto, baseado numa fatia de queijo suíço, pela sua forma retangular com vários recortes elípticos no centro, Sejima ensaiou essa forma para valorizar todos os benefícios que um edifício possa trazer em relação ao meio ambiente, e ligações que esse edifício possa ter com a comunidade, privilegiando as vistas que o mesmo confere sobre o lago e as montanhas.

Sejima, combina as várias formas de pensar arquitetura, esquisso, maquete, desenho assistido por computador e modelação 3D. Num desenho de fácil compreensão,

onde o espaço é gerado através da forma do edifício. Por outro lado, este projeto, representa a interligação das várias especialidades como se tivesse sido desenvolvido em plataformas 'BIM', pelo facto de contemplar, estudos de estrutura, ventilação, iluminação etc, em conjunto com uma abordagem paramétrica da sua forma, ou seja, a forma deste projeto poderia ser desenvolvida parametricamente criando parâmetros de curvatura ou a criação de aberturas na forma. Kazuyo Sejima, desenvolveu o projecto da mesma forma, através de "superfícies parametrizadas", ou seja, foi utilizado um paralelepípedo, criando movimentos em ondulação, permitindo relações a dois níveis, gerando espaços interiores e exteriores com vários pontos centrais de iluminação. Basta imaginar uma fatia de queijo quando é fatiada, algumas superfícies ficam lisas e outras com subtrações.

Os espaços vazados do Learning Center, como podemos ver na figura 29, criam movimento e dinâmica entre os vários pontos do projeto, que juntamente com os recortes elípticos, geram luz filtrada e pontual. Essa luz apropria-se dos espaços mais escuros garantindo a luz que estava em falta e diferencia através da sua força as várias entradas do edifício. Sejima conseguiu criar um projeto onde a forma gera as próprias comunicações, marcando-as espacialmente.

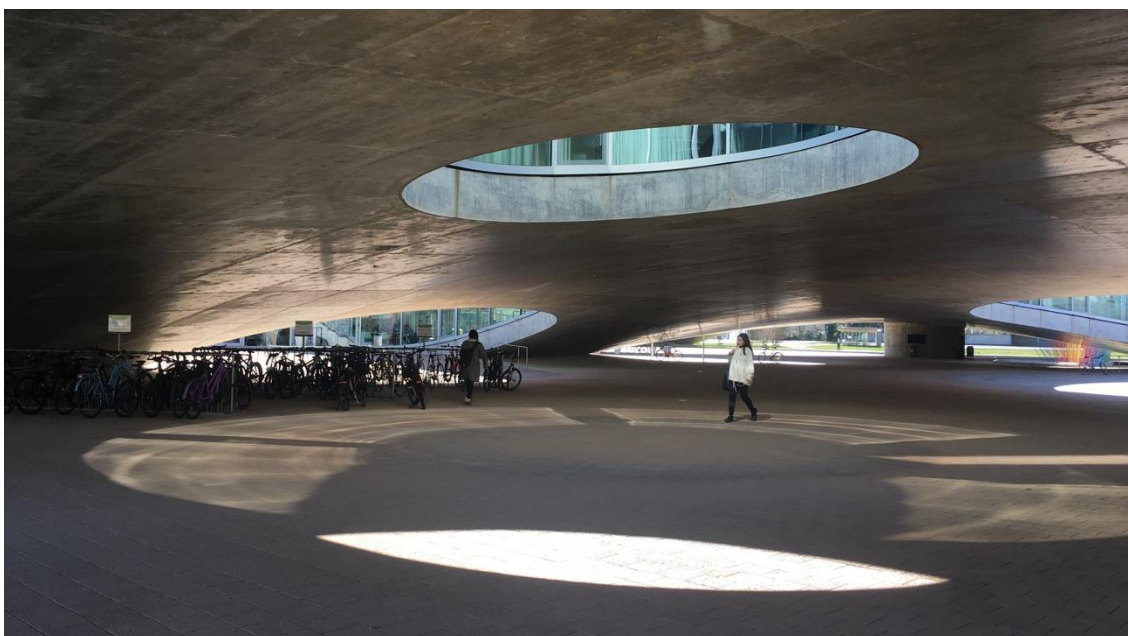


Figura 29 - Rolex Learning Center, Kazuyo Sejima & Ryue Nishizawa, SANAA, Lausanne, Suíça, 2019
- Fotografia tirada pelo autor

Este projeto é um grande exemplo de como a ligação com a envolvente é importante, para que o projeto tenha qualidade espacial. A ligação entre o centro de estudos, o rio e a montanha, torna o projeto mais dinâmico com a comunidade e a natureza como podemos ver na figura 30. Kazuyo Sejima desenvolveu um edifício que tanto está virado para dentro como está para fora, criando a sensação de dentro-fora, que por um lado pode estar contida nos espaços elípticos, como pode se estender para as paisagens exteriores. Os vãos suspensos presentes na figura 30 em comparação com as cérceas dos edifícios envolventes da figura 27, mostram a preocupação que Sejima teve com a preservação do local, por um lado, intensifica a sua vista para as montanhas e para o Lago Léman, por outro lado, o conceito da fatia de queijo Suíço, afirma a sua presença pela forma, caracterizando o local.



Figura 30 - Rolex Learning Center, Kazuyo Sejima & Ryue Nishizawa, SANAA, Lausanne, Suíça, 2019 - Fotografia tirada pelo autor

Por fim, referir que a forma deste projeto também influenciou o autor, a executar a transformação do projeto da Casa de Cascais de Eduardo Souto de Moura, na Parte V desta dissertação. Não só pela sua forma orgânica, mas também pelo facto de esta conter espaços centrais exteriores que fazem a ligação com o espaço interior, criando a sensação de dentro-fora.

PARTE V – PENSAR COM AS MÃOS EM ARQUITECTURA

Numa fase inicial desta pesquisa para o estudo de modelos tridimensionais em arquitetura, chegou-se à conclusão, que o desenho e as maquetes são as ferramentas mais rápidas para testar a volumetria no espaço. Tendo em conta as novas tecnologias, as plataformas de desenho digital introduzem um novo mundo de possibilidades, no entanto, estas plataformas podem não ser suficientemente intuitivas para o processo conceptual de uma forma arquitetónica. Estes necessitam de algum conhecimento para a sua utilização. Será que os modelos tridimensionais físicos, elaborados através do pensamento com as mãos, estão a ser colocados à parte pelas plataformas digitais? Considera-se esta questão bastante pertinente e irá ser desenvolvida a partir deste ponto do trabalho.

5.1. MODELO DE ESTUDO | CASA EM CASCAIS | EDUARDO SOUTO DE MOURA



Figura 31 – Casa em Cascais de Eduardo Souto de Moura - Fonte: Google Earth

Pretende-se neste estudo compreender como a conceção arquitetónica nos vários modelos tridimensionais muda mediante a sua forma de produção, analisando-a através do exercício do pensar com as mãos. Para isso, procuro mostrar uma comparação volumétrica através de um projeto do Arq. Eduardo Souto de Moura, a Casa de Cascais, elaborada em vários materiais, como também em plataformas informáticas de 'CAD' e 'BIM'. Este estudo não pretende abordar temáticas estandardizadas, mas sim, o processo de conceção projectual de modelos tridimensionais.



Figura 32 – Casa em Cascais de Eduardo Souto de Moura - Fonte: <http://www.revistaveneza.wordpress.com/>

A escolha do projeto, passa pelo gosto, na forma como o arquiteto, anteriormente referido, projeta os volumes relacionando-os com o espaço. Volumes com linhas simples de fácil compreensão na leitura. As seguintes afirmações, mostram um pouco do pensamento do arquiteto perante os seus projetos, e também em específico nas habitações unifamiliares:

“Esta casa em Cascais, foi desenhada na mesma altura de uma outra em Azeitão. O problema de desenhar uma casa, é percebermos a identidade, quer do cliente, quer do sítio, para podermos inventar um “heterónimo”. A nossa capacidade de nos repetir, depende da nossa disposição na altura, e da personalidade do “lugar”. Na altura, na construção da casa de Tavira, interessei-me por portas e janelas, o que, por inibição, durante 25 anos nunca fiz. Duas casas no Sul, duas linguagens diferentes a ensaiar: A da Arrábida apresenta uma topografia muito forte, com portas e janelas para uma serra recortada, com episódios que era preciso fixar, registar. Em Cascais, na Guia, um mar imenso horizontal, o Atlântico, que não podia ser registado, porque não se consegue “apanhar” um oceano – sempre diferente, sempre igual. Então aí abrimos um olhar neutro, abrimos os vãos, desenhámos com positivos e negativos. Os materiais e as cores são “todos diferentes, todos iguais – cinzentos”. Os cinzentos vão variando de fora para dentro até acabar no branco da cave. Os cinzas do Azulino de Cascais, o brilho mate dos alumínios, do inox decapado com jacto de areia, esperam que o Poente os retire da sua condição de “cinzento”. Quando entra a cor, ou a não cor - o branco, como num quadro do Remy Zaug, então saímos, deixamos amigos, e entra o fotógrafo, também amigo, para fixar um outro “olhar”, o de fora” (MOURA) Texto disponibilizado pelo atelier de Eduardo Souto de Moura sobre a Casa em Cascais

“Paralelamente, durante muitos anos a encomenda privada de casas unifamiliares e objectivos arquitectónicos de modestas dimensões, permitiu-lhe ensaiar, experimentar e adquirir, no uso dos materiais e na sua caracterização dos espaços, o carácter essencialmente humano e rigoroso que emana das suas construções, mesmo quando estas se assumem como infra-estruturas territoriais.” (FERNANDES, CANNATÀ, 2007, p.20)

Este estudo surgiu da ideia, de uma observação de construção de modelos arquitetónicos tridimensionais, tanto físicos como digitais, tendo como objetivo uma coleta de dados durante toda a experiência tátil e visual, constituindo um grupo de fichas de trabalho. Cada ficha para além de seguir uma lógica de trabalho, contempla os seguintes tópicos: objetivos, processos, ferramentas e resultados; e serve como comparação entre os vários materiais e plataformas. Desde Legos, massa modular, k-line e plataformas CAD e REVIT, cada um destes modelos, vão numa fase inicial, abordar um projeto de Eduardo Souto de Moura, seguindo a sua forma, recriando com os vários materiais e plataformas digitais modelos que se assemelham ao real dentro dos parâmetros do estudo. Passando para uma outra fase, a transformação, onde é efetuada uma nova interpretação do projeto, não esquecendo a sua forma original. Sendo assim mais fácil a comparação entre materiais e plataformas, utilizando exatamente as mesmas formas. Esta função motora e criativa, contempla, o pensar com as mãos, é sem dúvida essencial para o estudo da conceção arquitetónica.

5.2. PENSAR COM AS MÃOS | TRANSFORMAÇÃO DO MODELO DE ESTUDO

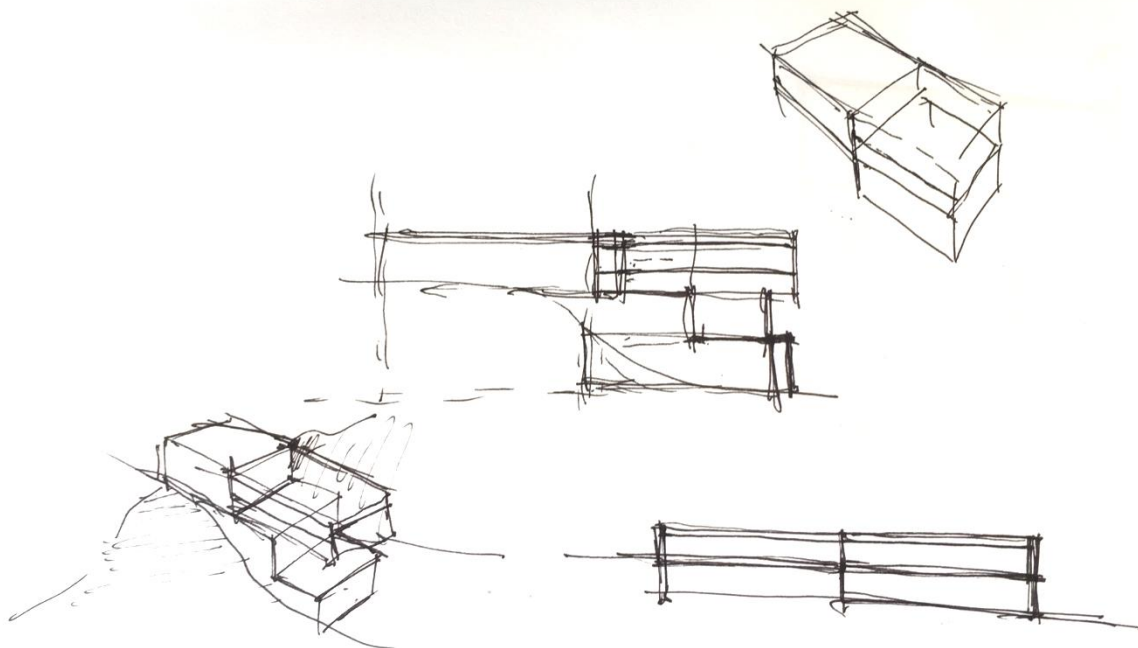


Figura 33 – Esboços de uma nova forma, criados pelo autor, tendo como base o projeto da Casa Cascais de Eduardo Souto de Moura

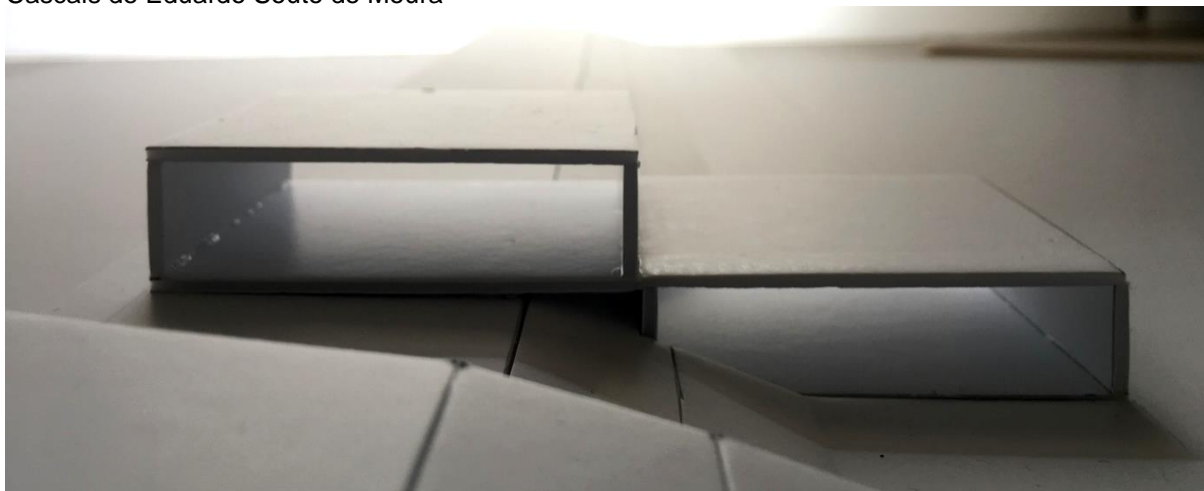


Figura 34 – Maquete criada pelo autor tendo como base o projeto da Casa Cascais de Eduardo Souto de Moura

Com o intuito de criar um estudo, que não fosse só e apenas uma representação do projeto da Casa de Cascais de Eduardo Souto de Moura, foi desenvolvida uma transformação através de esboços e umas pequenas maquetes de estudo. Inicialmente de uma forma mais conservadora presente nas figuras 33 e 34, é notória a preocupação com o local de implantação do projeto, deste modo, foi elaborado um terreno para experimentação das várias maquetes do estudo. E com apenas dois volumes, resultantes da divisão do paralelepípedo,

conseguimos perceber como será a relação entre estes dois volumes e o terreno. É lógico, que um projeto de arquitetura é mais complexo e que a forma gira em torno de um programa rígido, que acaba por alterar certas linhas de pensamento, durante o processo, no entanto, esta liberdade criativa inicial, deve ser levada em consideração, visto que o pensamento ainda não está saturado com demasiada informação projectual.

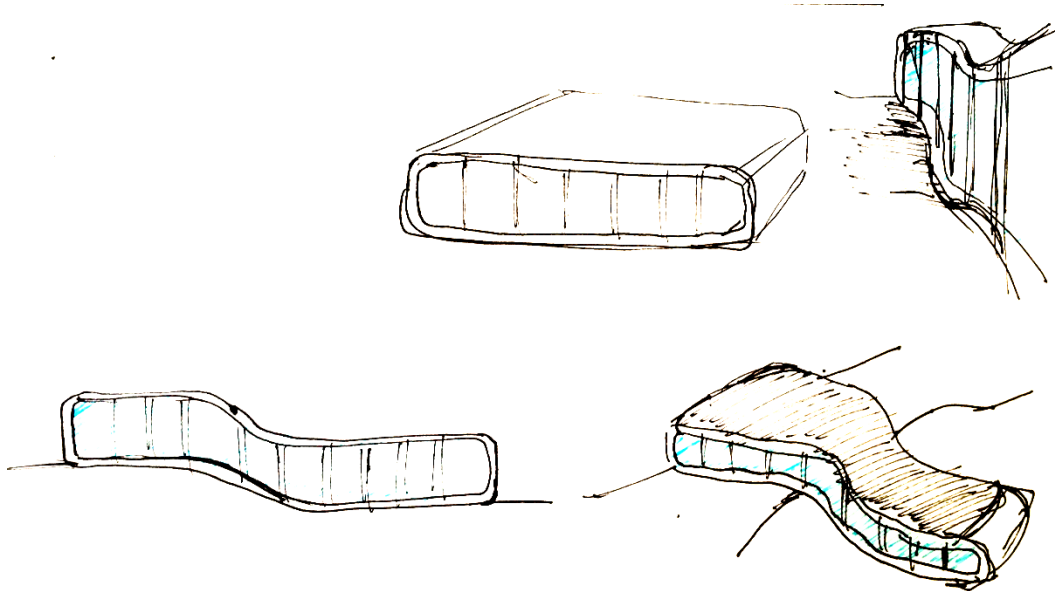


Figura 35 – Esboços de uma nova forma, mais orgânica, criados pelo autor, tendo como base o projeto da Casa Cascais de Eduardo Souto de Moura

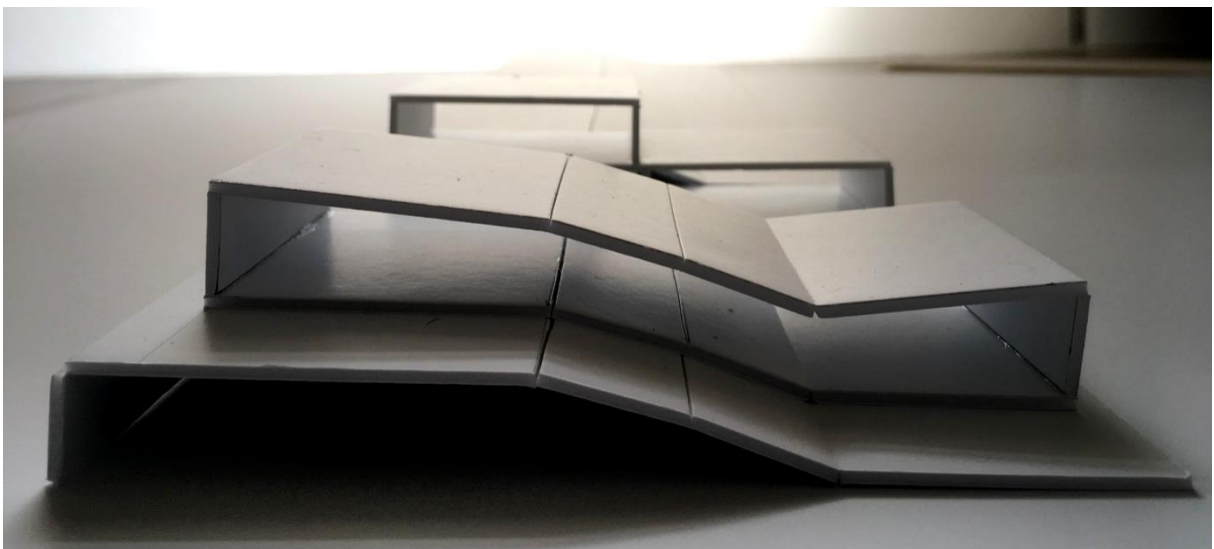


Figura 36 – Maquete criada pelo autor tendo como base o projeto da Casa Cascais de Eduardo Souto de Moura

Por outro lado, essa divisão inicial do paralelepípedo, veio trazer um pensamento mais organicista, pelo facto dos dois volumes se encontrarem em cotas diferentes como podemos verificar na figura 35. Então surge a ideia de criar um movimento único a acompanhar a inclinação do terreno. E com apenas alguns esboços e uma maquete como podemos verificar nas figuras 35 e 36, foi encontrada a transformação do modelo em estudo. A sua forma assemelha-se a um paralelepípedo curvo, em forma de serpente se o imaginarmos em alçado. Nesta fase, há muitos aspetos no modelo de transformação que ainda estão por definir, mas é importante referir que esses mesmos foram aparecendo à medida que as várias experimentações vão elaboradas.

5.3. ESTUDO | PENSAR COM AS MÃOS

5.3.1 LEGO

Utilizando Legos, uma das formas mais primárias de “brincar” experimentando volumes, característica já anteriormente referida nesta dissertação, e tendo em conta o projeto da Casa em Cascais de Eduardo Souto de Moura, construiu-se uma maquete como podemos ver na figura 37, apenas com gestos simples e algumas peças, recriando as linhas gerais do projeto. Contudo, este estudo procurou ser mais ambicioso, e em vez de uma maquete com peças aleatórias, optou-se por estudar as peças, para tentar contruir as maquetes de estudo com mais rigor e acabamento. As peças foram mandadas vir avulso de fábrica, através do próprio site da LEGO. A figura 38, mostra os vários formatos de peças. Desde as mais conhecidas o cubo 2x2, ao paralelepípedo 4x2, às placas maiores para fazer de base ao modelo, a peças com inclinações de 45º graus, outras com transparências para os vãos, e por fim, as lisas para aplicar na cobertura dando um melhor acabamento ao modelo.



Figura 37 – Primeira maquete em LEGO, executada pelo autor, tendo como base o projeto da Casa de Cascais de Eduardo Souto de Moura



Figura 38 – Peças de LEGO utilizadas para a elaboração dos estudos tridimensionais

Seguindo a ordem de ideias da ficha de trabalho 1, presente no anexo 1 desta dissertação, no tópico dos **objetivos** temos: **Apresentação:** criar um modelo tridimensional que consiga mostrar as linhas gerais do projeto. Por outro lado, é espectável que a forma das peças LEGO condicione a apresentação; **Funcionalidade:** é esperado que a maquete seja funcional, e tendo em conta o sistema de montagem da LEGO a experimentação torna-se intuitiva e divertida; **Surpresa no resultado final:** embora de uma forma simples, são esperadas as linhas fortes do projeto. Poderá ser interessante, verificar se é possível dar um acabamento mais rigoroso ao modelo, ao invés da normal aparência de um modelo LEGO; **Proximidade com a analogia:** é espectável que o modelo se apresente com aspetos idênticos à sua analogia.

O tópico seguinte aborda os **processos**, tais como: **Tempo:** sendo um material muito intuitivo, bastaram apenas quinze minutos para elaborar um modelo com peças aleatórias. Neste caso, como o modelo foi pensado anteriormente de forma a utilizar as peças com maior rigor e detalhe, foram necessários trinta minutos, incluindo a reflexão prévia; **Custo:** comparando com outros materiais, as peças LEGO são caras, e tendo em conta que foram necessárias peças específicas avulso para o estudo, ainda mais dispendioso ficou. Entre 10 cêntimos e 1,5€ o valor unitário dependendo da peça; **Complexidade:** esta forma de criar modelos não é complexa, é talvez uma das formas criativas e mais intuitivas, no entanto, se quisermos aplicar mais detalhe, é necessário pensar previamente, que tipo de peças que queremos usar, que forma queremos dar ao modelo etc. É desta forma que compreendemos a idade de utilização atribuída pela LEGO, dos quatro aos noventa e nove anos. O utilizador é que o pode tornar ou não complexo, se assim o desejar; **Peças desenhadas:** para criar um modelo em LEGO, não é necessário ter desenhos, esboços ou qualquer outro tipo de estudo prévio, apenas com a imaginação é possível criar, montar uma forma. Neste caso em

específico, o objetivo é recriar uma analogia, foi então necessário utilizar os desenhos, seguindo uma ideia pré-concebida.

O terceiro tópico fala-nos sobre as **ferramentas**, englobando: **Material utilizado**: peças LEGO de várias cores e tamanhos e formatos, apenas é usada a mão no exercício da montagem; **Portabilidade**: Este material é leve e fácil de transportar, tendo como base as maquetes de estudo elaboradas, contudo, se o modelo tiver grandes dimensões, o cenário vira para o oposto, tornando-se pesado e de difícil transporte.

Para finalizar, o último tópico deste modelo LEGO abrange os **resultados**, sendo eles: **Semelhanças**: desde o paralelepípedo longitudinal, com uma parte suspensa, assente sobre duas colunas, a outro paralelepípedo inserido no terreno em baixo do primeiro, à inclinação do terreno e à escada do alçado principal. Todas estas características foram respeitadas no modelo, como podemos verificar na figura 39. Por outro lado, na cobertura foram utilizadas peças com forma lisa, estas conferem um melhor acabamento à maquete. Algumas das peças são transparentes, simbolizando os vãos do projeto. É lógico, que a maquete é condicionada, ao formato de encaixe das peças de Lego, contudo, é evidente que, de uma forma bastante intuitiva criamos uma maquete semelhante à forma da Casa em Cascais. Deste modo, podemos afirmar que o pensamento com as mãos é uma ferramenta indispensável na procura da forma. A maquete proporciona uma experiência de visão 3D, completamente diferente de um desenho, porque no fundo, é um objeto que não foi desenhado num plano 2D, é um objeto dentro do nosso mundo, do nosso espaço, do nosso ponto de vista. O material para o efeito é irrelevante, desde que cumpra o objetivo, criar forma, criar espaço, criar relações de comunicação entre os volumes e o ser humano; **Facilidade de execução**: é muito intuitiva, apenas é utilizado o pensamento com as mãos, contruindo bloco a bloco o modelo com a forma e objetivos pretendidos. Neste caso, não foi um processo criativo singular, mas sim uma recriação de uma analogia; **Representação do pretendido**: é uma surpresa como um brinquedo, considerado a maior parte das vezes para crianças, consegue recriar, uma analogia arquitetónica, é lógico que a forma é limitada ao processo de montagem característico das peças LEGO, mas podemos afirmar que representa o modelo como maquete de estudo; **Prazer em executar**: este ponto é uma das conclusões mais interessantes que este estudo revela, visto que o LEGO, por ser tão primário, intuitivo e colorido, afirma-se como o modelo que dá mais prazer na sua execução. Simplesmente, pelo facto de as peças encaixarem umas nas outras e não necessitarem de serem coladas, recortadas ou moldadas. Estas já existem com formas e tamanhos pré-definidos, de encaixe único entre elas, possibilitando um número infinito de possibilidades.



Figura 39 - Maquete em LEGO, criada pelo autor, tendo como base o projeto da Casa Cascais de Eduardo Souto de Moura

5.3.2 LEGO | Transformação

Em seguida, através de uma outra maquete LEGO, como podemos verificar na figura 40, e tendo em conta, os esboços desenvolvidos anteriormente na figura 35, desenvolveu-se um pequeno estudo da volumetria de transformação em LEGO, tendo por base a Casa Cascais de Souto Moura.

Seguindo a ordem de ideias da ficha de trabalho 2, presente no anexo 1 desta dissertação, no tópico dos **objetivos** temos: **Apresentação:** criar um modelo tridimensional que consiga mostrar as linhas gerais da transformação criada para o estudo. Por outro lado, é espectável que a forma das peças LEGO condicione a apresentação; **Funcionalidade:** é esperado que a maquete seja funcional, e tendo em conta o sistema de montagem da LEGO a experimentação torna-se intuitiva e divertida; **Surpresa no resultado final:** embora de uma forma simples, são esperadas as linhas fortes do projeto. Poderá ser interessante, verificar se é possível dar um acabamento mais rigoroso ao modelo, ao invés da normal aparência de um modelo LEGO. Aproximação da forma orgânica desenvolvida; **Proximidade com a analogia:** é espectável que o modelo se apresente com aspetos idênticos à sua analogia.

O tópico seguinte aborda os **processos**, tais como: **Tempo:** neste caso, como o modelo foi pensado anteriormente de forma a utilizar as peças com maior rigor e detalhe, foram necessários trinta minutos, incluindo a reflexão prévia; **Custo;** comparando com outros materiais as peças LEGO são caras, e tendo em conta que foram necessárias peças

específicas avulso para o estudo, ainda mais dispendioso ficou. Entre 10 cêntimos e 1,5€ o valor unitário dependendo da peça; **Complexidade:** esta forma de criar modelos não é complexa, é talvez uma das formas criativas e mais intuitivas, no entanto, se quisermos aplicar mais detalhe, é necessário pensar previamente, que tipo de peças que queremos usar, que forma queremos dar ao modelo etc. Como a forma desta transformação é orgânica foi necessário planear com peças diagonais a sua orientação, simbolizando as curvas do projeto a acompanhar o terreno; **Peças desenhadas:** neste caso em específico, o objetivo é criar uma transformação que tenha a ver com a analogia anterior, e por isso foi necessário desenhar esboços, fazer modelos tridimensionais para criar esta nova ideia.

O terceiro tópico fala-nos sobre as **ferramentas**, englobando: **Material utilizado**: Peças LEGO de várias cores e tamanhos e formatos, apenas é usada a mão no exercício da montagem; **Portabilidade:** Este material é leve e fácil de transportar, tendo como base as maquetes de estudo elaboradas, contudo, se o modelo tiver grandes dimensões, o cenário vira para o oposto, tornando-se pesado e de difícil transporte.

Para finalizar, o último tópico deste modelo LEGO abrange os **resultados**, sendo eles: **Semelhanças:** usando a transformação do autor; um paralelepípedo curvo que se adorna ao terreno, como se de uma serpente se tratasse. Neste estudo, o que salta mais à vista, são as peças em quadrado, recortadas diagonalmente em quarenta e cinco graus, foram utilizadas para representar as ondas da forma. Mesmo não sendo a representação mais fiel, espacialmente o objetivo foi cumprido. Visto que a anterior forma continha um espaço vazado, este adorna-se ao terreno e desenvolve-se a um nível inferior, não perdendo a articulação entre os espaços; **Facilidade de execução:** é muito intuitiva, apenas é utilizado o pensamento com as mãos, contruindo bloco a bloco o modelo com a forma e objetivos pretendidos. Neste caso, ao contrário da anterior maquete, foi criada uma transformação baseada na anterior analogia. Não se tornou mais difícil, mas um pouco mais complexo; **Representação do pretendido:** é uma surpresa como um brinquedo, considerado a maior parte das vezes para crianças, consegue recriar, uma ideia arquitetónica, é lógico que a forma é limitada ao processo de montagem característico das peças LEGO, mas podemos afirmar que representa o modelo como maquete de estudo; **Prazer em executar:** este ponto é uma das conclusões mais interessantes que este estudo revela, visto que o LEGO, por ser tão primário, intuitivo e colorido, afirma-se como o modelo que dá mais prazer na sua execução. Simplesmente, pelo facto de as peças encaixarem umas nas outras e não necessitarem de serem coladas,

recortadas ou moldadas. Estas já existem com formas e tamanhos pré-definidos, de encaixe único entre elas, possibilitando um número infinito de possibilidades.



Figura 40 - Maquete em LEGO, criada pelo autor, tendo como base o projeto da Casa Cascais de Eduardo Souto de Moura

Na figura 41, podemos observar as duas maquetes em LEGO, comprovando que é possível criar dois tipos de abordagens completamente diferentes. A primeira com linhas direitas a seguir a forma do projeto original, e a segunda, uma tentativa de simbolizar as formas curvas da transformação criada pelo autor anteriormente.



Figura 41 - Maquetes em LEGO, criadas pelo autor, tendo como base o projeto da Casa Cascais de Eduardo Souto de Moura

5.3.3 Massa Modular

Seguindo a ordem de ideias da ficha de trabalho 3, presente no anexo 1 desta dissertação, no tópico dos **objetivos** temos: **Apresentação**: criar um modelo tridimensional que consiga mostrar as linhas gerais do projeto, em bloco único ou peças separadas; **Funcionalidade**: torna-se intuitiva a modelagem, contudo, dependendo do detalhe poderá ser mais complicado; **Surpresa no resultado final**: nível de detalhe; **Proximidade com a analogia**: é espectável que o modelo se apresente com aspetos idênticos à sua analogia.

O tópico seguinte aborda os **processos**, tais como: **Tempo**: mesmo sendo um material intuitivo, é um trabalho bastante demorado dependendo do nível de detalhe aplicado; **Custo**: a massa modular não é um material barato. Mas neste caso como a modelo tinha uma escala pequena o custo foi menor, apenas 3€ duas barras de massa; **Complexidade**: este material é bastante intuitivo para modelar formas em bloco único, contudo, também é possível modelar pequenas peças e contruir um modelo mais complexo como podemos ver na figura 42. Como a massa em contato com ar começa a secar, é por vezes necessário utilizar água para amolecer a massa; Peças **desenhadas**: Este material possibilita a criação de modelos sem uma ideia pré-concebida, contudo para estudo, foram utilizados esboços e desenhos técnicos da analogia.

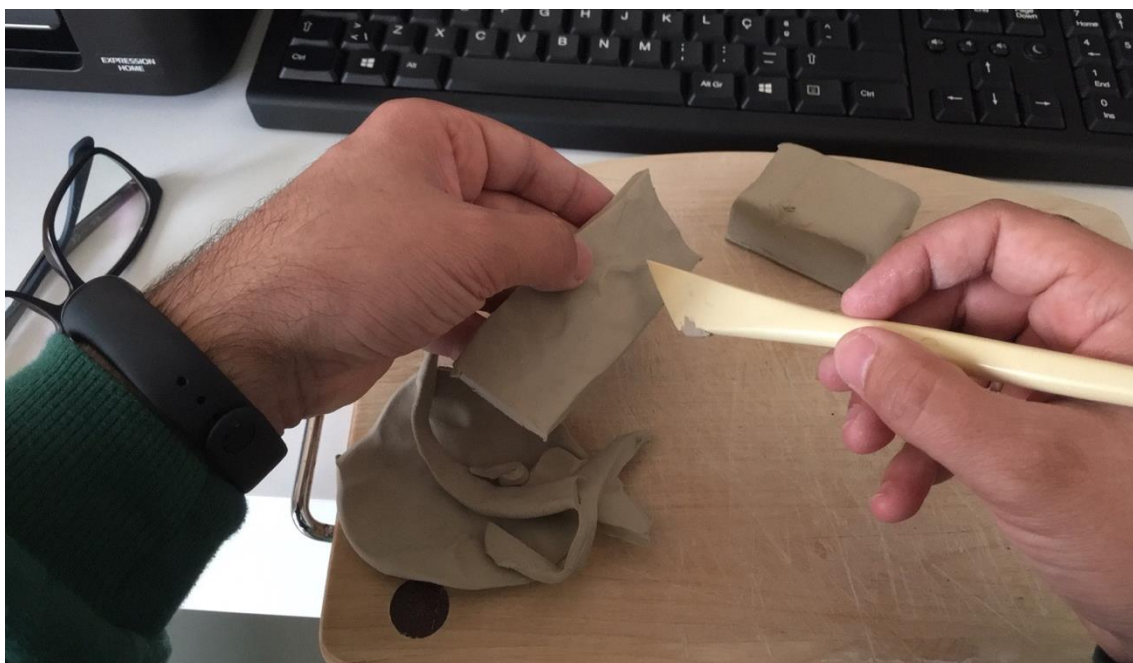


Figura 42 – Processo de modelação da massa, elaborado pelo autor, tendo como base o projeto da Casa Cascais de Eduardo Souto de Moura

O terceiro tópico fala-nos sobre as **ferramentas**, englobando: **Material utilizado**: os materiais utilizados para a formação deste modelo, foram massa modular, água e uma pinça de modelação; **Portabilidade**: este material torna-se bastante pesado depois de seco. Neste caso, o modelo tem uma escala pequena, e é de fácil transporte.

Para finalizar, o último tópico deste modelo em massa modular abrange os **resultados**, sendo eles: **Semelhanças**: este modelo mostra as linhas fortes do projeto; **Facilidade de execução**: a massa modular, é bastante fácil de moldar, quando o objetivo é a criação de volumes sem grande detalhe, contudo, para a modelação de uma maquete de arquitetura, já se torna um trabalho mais minucioso. Por um lado, é bastante intuitivo, pelo facto de usarmos as mãos para criar as formas, por outro, começamos a encontrar problemas quando se trata de dar determinadas espessuras a volumes, ou a criar detalhe, ou até do peso da massa depois de seca. É sem dúvida, um material interessante para desenvolver principalmente volumes concentrados, como terrenos com inclinações ou até volumes únicos, para esculpir posteriormente, como se fosse uma peça de escultura; **Representação do pretendido**: este material consegue representar o pretendido, no entanto, era necessária uma escala maior para representar um modelo mais detalhado; **Prazer em executar**: é um material muito intuitivo, fácil de moldar, mas ao mesmo tempo leva-nos a pensar nele como algo muito artístico. Tanto pode criar prazer, como não. É necessário bastante tempo para criar algo mais detalhado e esse processo pode determinar o nível de prazer do utilizador. Como podemos observar na figura 43, a maquete secou e a superfície não ficou lisa, porque não foi moldada da maneira mais correta. Este trabalho mostra a inexperience do autor perante este material.

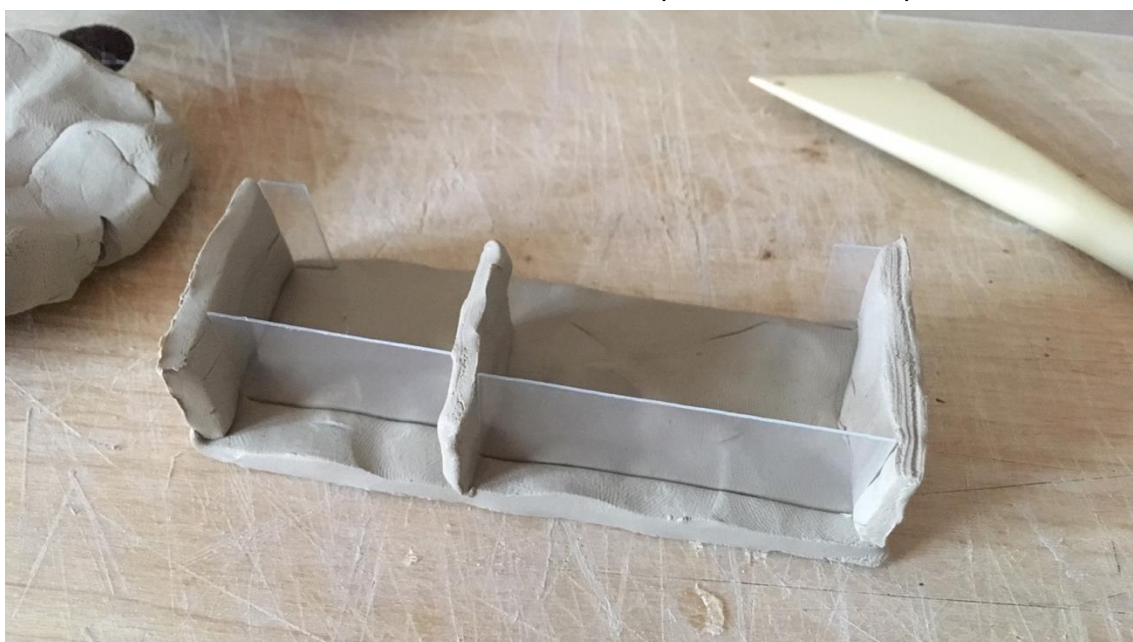


Figura 43 – Maquete em massa modular, criada pelo autor, tendo como base o projeto da Casa Cascais de Eduardo Souto de Moura

5.3.4 Massa Modular | Transformação

Seguindo a ordem de ideias da ficha de trabalho 4, presente no anexo 1 desta dissertação, no tópico dos **objetivos** temos: **Apresentação**: criar um modelo tridimensional que consiga mostrar as linhas gerais do projeto, em bloco único ou peças separadas; **Funcionalidade**: torna-se intuitiva a modelagem, contudo, dependendo do detalhe poderá ser mais complicado; **Surpresa no resultado final**: nível de detalhe; **Proximidade com a analogia**: é espectável que o modelo se apresente com aspetos idênticos à sua analogia.

O tópico seguinte aborda os **processos**, tais como: **Tempo**: mesmo sendo um material intuitivo, é um trabalho bastante demorado dependendo do nível de detalhe aplicado; **Custo**: a massa modular não é um material barato. Mas neste caso como a modelo tinha uma escala pequena o custo foi menor, apenas 3€ duas barras de massa; **Complexidade**: este material é bastante intuitivo para modelar formas em bloco único, contudo, também é possível modelar pequenas peças e contruir um modelo mais complexo como podemos ver na figura 44. Como a massa em contato com ar começa a secar, é por vezes necessário utilizar água para amolecer a massa; **Peças desenhadas**: este material possibilita a criação de modelos sem uma ideia pré-concebida, contudo para estudo, foram utilizados esboços e desenhos técnicos da analogia.



Figura 44 – Base modular em massa, criada pelo autor, tendo como base o projeto da Casa Cascais de Eduardo Souto de Moura

O terceiro tópico fala-nos sobre as **ferramentas**, englobando: **Material utilizado**: os materiais utilizados para a formação deste modelo, foram massa modular, água e uma pinça de modelação; **Portabilidade**: Este material torna-se bastante pesado depois de seco. Neste caso, o modelo tem uma escala pequena, e é de fácil transporte.

Para finalizar, o último tópico deste modelo em massa modular abrange os **resultados**, sendo eles: **Semelhanças**: este modelo mostra as linhas fortes do projeto. Uma das grandes surpresas deste estudo é facto, de a massa modular permitir uma liberdade imensa na criação formas orgânicas; **Facilidade de execução**: a massa modular, é bastante fácil de moldar, quando o objetivo é a criação de volumes sem grande detalhe, contudo, para a modelação de uma maquete de arquitetura, já se torna um trabalho mais minucioso. Por um lado, é bastante intuitivo, pelo facto de usarmos as mãos para criar as formas, por outro, começamos a encontrar problemas quando se trata de dar determinadas espessuras a volumes, ou a criar detalhe, ou até do peso da massa depois de seca. É sem dúvida, um material interessante para desenvolver principalmente volumes concentrados, como terrenos com inclinações ou até volumes únicos, para esculpir posteriormente, como se fosse uma peça de escultura; **Representação do pretendido**: este material consegue representar o pretendido, no entanto, era necessária uma escala maior para representar um modelo mais detalhado. Todavia, surge o problema do peso, quanto maior o modelo, maior o peso, menos portabilidade; **Prazer em executar**: é um material muito intuitivo, fácil de moldar, mas ao mesmo tempo leva-nos a pensar nele como algo muito artístico. Tanto pode criar prazer, como não. É necessário bastante tempo para criar algo mais detalhado e esse processo pode determinar o nível de prazer do utilizador. Como podemos observar na figura 45, a maquete secou e a superfície não ficou lisa, porque não foi moldada da maneira mais correta. Este trabalho mostra a inexperiência do autor perante este material.



Figura 45 – Maquete em massa modular da transformação, criada pelo autor, tendo como base o projeto da Casa Cascais de Eduardo Souto de Moura

5.3.5 K-line

Seguindo a ordem de ideias da ficha de trabalho 5, presente no anexo 1 desta dissertação, no tópico dos **objetivos** temos: **Apresentação**: criar um modelo tridimensional que consiga mostrar as linhas gerais do projeto da casa em cascais de Eduardo Souto de Moura, à escala 1:100 para se ter uma melhor perceção dos espaços. Utilizar apenas a cor branca por se tratar de uma maquete de estudo. Este tipo de apresentação e materialidade é associado aos modelos de arquitetura; **Funcionalidade**: é esperado que a maquete seja funcional, ou seja, verificar espaços através das suas transparências, a cobertura tem de ser amovível para se ver o interior. O terreno tem de interagir com o modelo; **Surpresa no resultado final**: conseguir entender a forma por si só, e as comunicações que esta cria com o terreno. O modelo à escala 1:100 tem de conseguir mostrar a sua volumetria de forma a que o seu criador consiga perceber e imaginar o espaço na realidade; **Proximidade com a analogia**: é espectável que o modelo se apresente com aspetos idênticos à sua analogia. O detalhe à escala 1:100 terá de ser maior que nas anteriores maquetes à escala 1:200.

O tópico seguinte aborda os **processos**, tais como: **Tempo**: os modelos em k-line, demoram aproximadamente entre 3 a 5 horas de trabalho. Isto porque é necessário desenhar cada peça e recortá-la com x-ato, colando-as uma a uma criando o volume desejado; **Custo**: o custo de cada placa de k-line com tamanho A0 é acessível, contudo, são sempre necessárias várias placas, dependendo da escala da maquete. A cola também é imprescindível para juntar as várias peças de k-line. Tendo em conta estes fatores, chegamos à conclusão que não é o material mais dispendioso, por isso, ser um dos materiais mais utilizados no meio da arquitetura. Cerca de 2€ cada placa de k-line; **Complexidade**: o k-line é um dos materiais mais utilizados pelos arquitetos para elaborar maquetes de arquitetura. É essencialmente, uma mistura de cartão com esferovite no interior. Este material, é de fácil utilização. Basta desenhar corretamente a peça, por exemplo uma parede, altura x comprimento, para posteriormente, efetuar o seu corte com um x-ato. Desta forma, é possível, construir uma maquete com rigor, onde é possível entender o espaço de uma forma mais realista. Desde as maquetes mais simples, apenas com formas geométricas, às mais elaboradas, que representam pormenores de uma obra arquitetónica; **Peças desenhadas**: foi necessário usar os desenhos do projeto da casa em cascais, simpaticamente cedidos pelo atelier do arquiteto Eduardo Souto de Moura. Este material possibilita criar formas aleatórias, sem uma ideia pré-

definida, contudo, quando se trata de um projeto com um modelo à escala, é necessário seguir as medidas corretas do projeto em análise.

O terceiro tópico fala-nos sobre as **ferramentas**, englobando: **Material utilizado**: este modelo precisou de k-line, um x-ato, cola, lápis e uma régua para desenhar as peças no k-line, plástico transparente para as invisibilidades. É usada a mão no exercício de montagem e no desenho das peças; **Portabilidade**: Este material é leve e fácil de transportar, só a escala do modelo é que poderá alterar a sua portabilidade tendo em conta o aumento das suas dimensões.

Para finalizar, o último tópico deste modelo k-line abrange os **resultados**, sendo eles: **Semelhanças**: as semelhanças com a analogia são óbvias. Conseguimos perceber claramente a forma e a escala do modelo perante o local de intervenção; **Facilidade de execução**: este material possibilita inúmeras formas de representação, tendo uma raiz prática e intuitiva, no entanto para criar um modelo à escala 1:100, é necessário saber ler desenhos de arquitetura, plantas, cortes e alçados. Tornando este processo mais complexo, visto ser uma das especialidades da arquitetura. Numa fase inicial, começou-se por desenvolver o terreno. Este material possibilita aplicar pequenos cortes, para mais tarde serem dobrados, criando inclinações. Foi desta forma que o terreno foi desenvolvido. Em seguida, através dos desenhos técnicos do projeto, são tiradas as medidas, para as peças serem desenhadas no k-line e posteriormente cortadas com um x-ato. Tendo as várias peças, umas que simbolizam paredes, outras lajes, outras pilares, dependendo do grau de detalhe aplicado, basta juntá-las, colando-as de forma a montar a forma desejada. Ao contrário dos Legos, onde a peça é determinada pelo seu standard, aqui somos nós, é que decidimos o tamanho, a espessura, a forma. Temos uma liberdade criativa muito maior; **Representação do pretendido**: com este material é possível representar quase todas as formas, deste modo, não foi uma surpresa conseguir criar um volume seguindo os desenhos técnicos da casa em cascais. Este volume, contém desde a sua forma exterior, aos espaços interiores com possibilidade de visibilidade, retirando a cobertura. As transparências do projeto foram criadas através de plástico transparente, criando as relações de dentro e fora ao olho do arquiteto; **Prazer em executar**: nem todos os arquitetos gostam de criar maquetes, todavia, é inegável o valor que uma maquete de estudo introduz no processo criativo de um projeto como podemos verificar na figura 46. A percepção que o arquiteto tem perante um volume, não é o mesmo que através de um desenho. O olho humano, consegue ter uma percepção mais clara e ampla de um objeto presente tridimensionalmente no mesmo espaço. Em suma, este processo criativo, pode ser demorado e bastante prático, mas intuitivamente é um dos trunfos da arquitetura. Mesmo com

as novas tecnologias, uma imagem tridimensional nunca tem a mesma força que um modelo tridimensional físico. Em resposta surgem as impressoras 3D, no entanto, perde-se o contacto físico com o modelo no seu processo de criação, desde a sua forma mais básica, o modelo poderá ser alterado, mas já contém uma forma pré-defina numa plataforma digital.

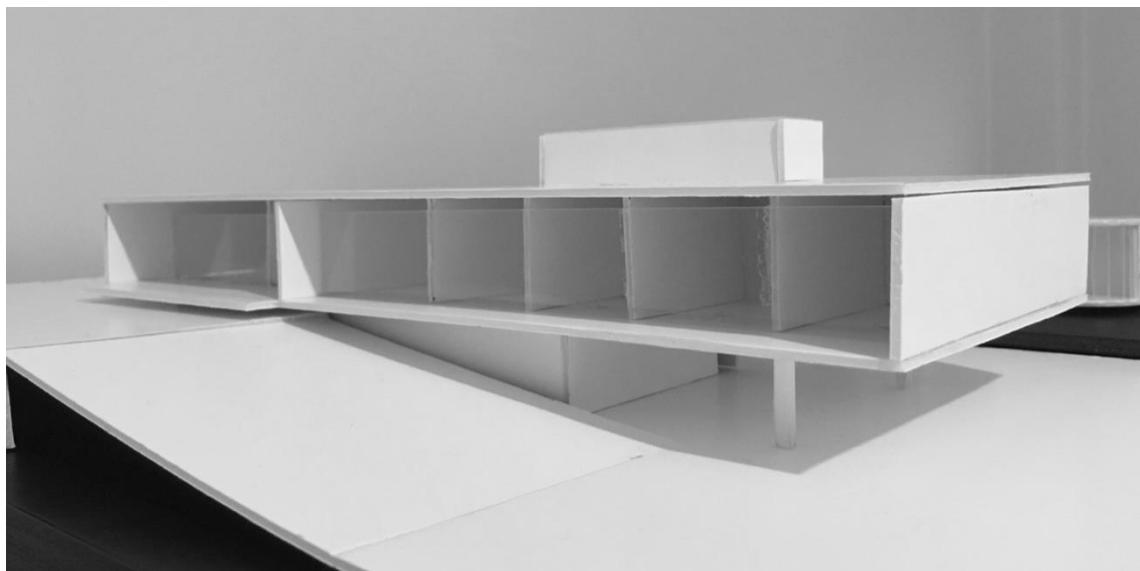


Figura 46 - Maquete em k-line, criada pelo autor, tendo como base o projeto da Casa Cascais de Eduardo Souto de Moura

5.3.6 K-line | Transformação

Seguindo a ordem de ideias da ficha de trabalho 6, presente no anexo 1 desta dissertação, no tópico dos **objetivos** temos: **Apresentação:** criar um modelo tridimensional que consiga mostrar as linhas gerais desta transformação ao projeto anterior, à escala 1:100 para se ter uma melhor perceção dos espaços. Utilizar a cor branca no modelo e a preta para o terreno, para evidenciar ainda mais a forma. Este tipo de apresentação e materialidade é associado aos modelos de arquitetura; **Funcionalidade:** é esperado que a maquete seja funcional, ou seja, verificar espaços através das suas transparências, a cobertura tem de ser amovível para se ver o interior. O terreno tem de interagir com o modelo; **Surpresa no resultado final:** conseguir entender a forma por si só, e as comunicações que esta cria com o terreno. O modelo à escala 1:100 tem de conseguir mostrar a sua volumetria de forma a que o seu criador consiga perceber e imaginar o espaço na realidade. Observar a transformação como um volume que se baseia na sua analogia e não como um volume completamente diferente; **Proximidade com a analogia:** é espectável que o modelo se apresente com aspetos idênticos à sua analogia. O detalhe à escala 1:100 terá de ser maior que nas anteriores maquetes à escala 1:200.

O tópico seguinte aborda os **processos**, tais como: **Tempo**: os modelos em k-line, demoram aproximadamente entre 3 a 5 horas de trabalho. Isto porque é necessário desenhar cada peça e recortá-la com x-ato, colando-as uma a uma criando o volume desejado. Este modelo foi um pouco mais demorado visto ter formas curvas, mais difíceis de desenhar no k-line; **Custo**: o custo de cada placa de k-line com tamanho A0 é acessível, contudo, são sempre necessárias várias placas, dependendo da escala da maquete. A cola também é imprescindível para juntar as várias peças de k-line. Tendo em conta estes fatores, chegamos à conclusão que não é o material mais dispendioso, por isso, ser um dos materiais mais utilizados no meio da arquitetura. Cerca de 2€ cada placa de k-line; **Complexidade**: o k-line é um dos materiais mais utilizados pelos arquitetos para elaborar maquetes de arquitetura. É essencialmente, uma mistura de cartão com esferovite no interior. Este material, é de fácil utilização. Basta desenhar corretamente a peça, por exemplo uma parede, altura x comprimento, para posteriormente, efetuar o seu corte com um x-ato. Desta forma, é possível, construir uma maquete com rigor, onde é possível entender o espaço de uma forma mais realista. Desde as maquetes mais simples, apenas com formas geométricas, às mais elaboradas, que representam pormenores de uma obra arquitetónica. Esta transformação por ter uma forma orgânica, apresentou mais complexidade que o modelo anterior; **Peças desenhadas**: foi necessário criar desenhos rigorosos desta nova forma à escala 1:100, para seguir a mesma lógica de trabalho da analogia.

O terceiro tópico fala-nos sobre as **ferramentas**, englobando: **Material utilizado**: este modelo precisou de k-line de cor branco para o modelo e preto para o terreno, um x-ato, cola, lápis e uma régua para desenhar as peças no k-line, plástico transparente para as invisibilidades. A é usada mão no exercício de montagem e no desenho das peças; **Portabilidade**: Este material é leve e fácil de transportar, só a escala do modelo é que poderá alterar a sua portabilidade tendo em conta o aumento das suas dimensões.

Para finalizar, o último tópico deste modelo k-line abrange os **resultados**, sendo eles: **Semelhanças**: as semelhanças com a analogia são óbvias. O paralelepípedo, continua a existir, mas de uma forma orgânica, como se tivesse derretido, adornando-se ao terreno, criando um movimento de uma serpente como podemos verificar na figura 47. Conseguimos perceber claramente a forma e a escala do modelo perante o local de intervenção. O corredor central é mantido, mas de uma forma diferente. Em vez de uma claraboia para iluminar o corredor central, foram adicionados espaços exteriores, com grandes vãos ao longo de todo o corredor. Esta mudança aparece pela ausência da varanda, visto que o volume acompanha o terreno; **Facilidade de execução**: este material possibilita inúmeras formas de

representação, tendo uma raiz prática e intuitiva, no entanto para criar um modelo à escala 1:100, é necessário saber ler desenhos de arquitetura, plantas, cortes e alçados, tornando este processo mais complexo, visto ser uma das especialidades da arquitetura. Numa fase inicial, começou-se por desenvolver o terreno. Este material possibilita aplicar pequenos cortes, para mais tarde serem dobrados, criando inclinações. Foi desta forma que o terreno foi desenvolvido. Em seguida, através dos desenhos técnicos do projeto, são tiradas as medidas, para as peças serem desenhadas no k-line e posteriormente cortadas com um x-ato. Tendo as várias peças, umas que simbolizam paredes, outras lajes, outras pilares, dependendo do grau de detalhe aplicado, basta juntá-las, colando-as de forma a montar a forma desejada; **Representação do pretendido**: este volume representa o pretendido, desde a sua forma exterior, aos espaços interiores com possibilidade de visibilidade, apenas levantando a cobertura. As transparências do projeto foram criadas através de plástico transparente, criando as relações de dentro e fora ao olho do arquiteto. Foi uma surpresa no resultado final, verificar que o k-line, consegue representar formas orgânicas, através de pequenos cortes e dobras; **Prazer em executar**: relacionando com a analogia do modelo anterior em k-line, o processo de execução é o mesmo, no entanto é prazeroso conseguir criar formas diferentes com o mesmo material. Esta transformação tem uma forma forte, que se adorna ao terreno e o k-line consegue mostrar essa força aos olhos do observador.

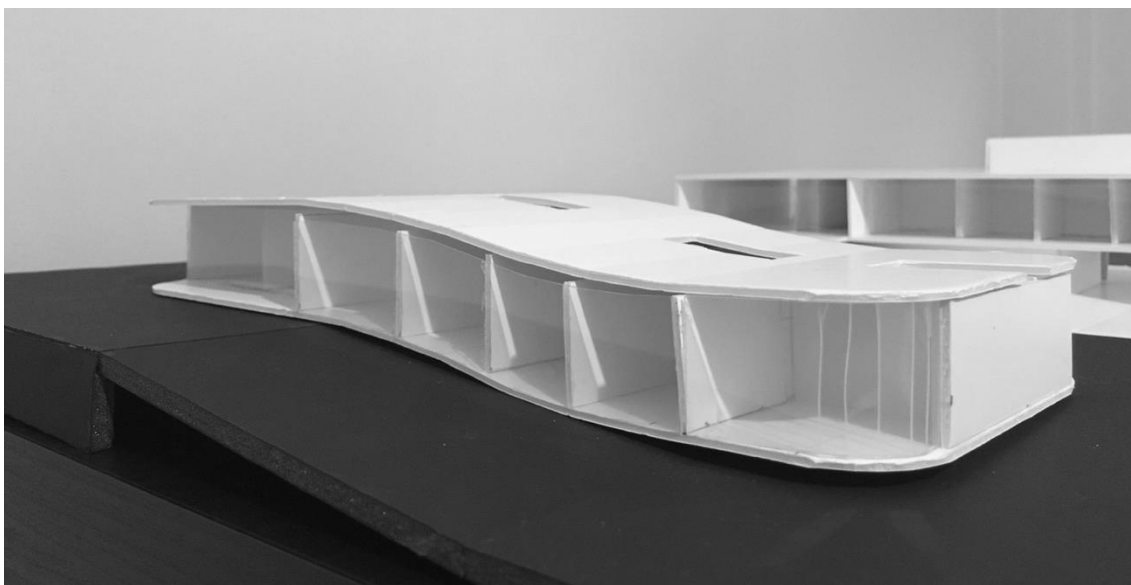


Figura 47 - Maquete em k-line da transformação, criada pelo autor, tendo como base o projeto da Casa Cascais de Eduardo Souto de Moura

Como podemos observar na figura 48, a maquete à escala 1:100 simboliza a intenção do autor perante um espaço. Conseguimos perceber o volume e alguns aspetos da arquitetura que o autor pretende transmitir. Em relação à transformação criada mostra-nos a intenção de manter alguns dos aspetos da sua analogia, como o paralelepípedo, contudo, ela ganha uma identidade nova e singular em relação à obra de Souto de Moura, devido ao seu movimento orgânico. Com este material conseguimos ter uma ideia fiel do volume que vai ser construído.

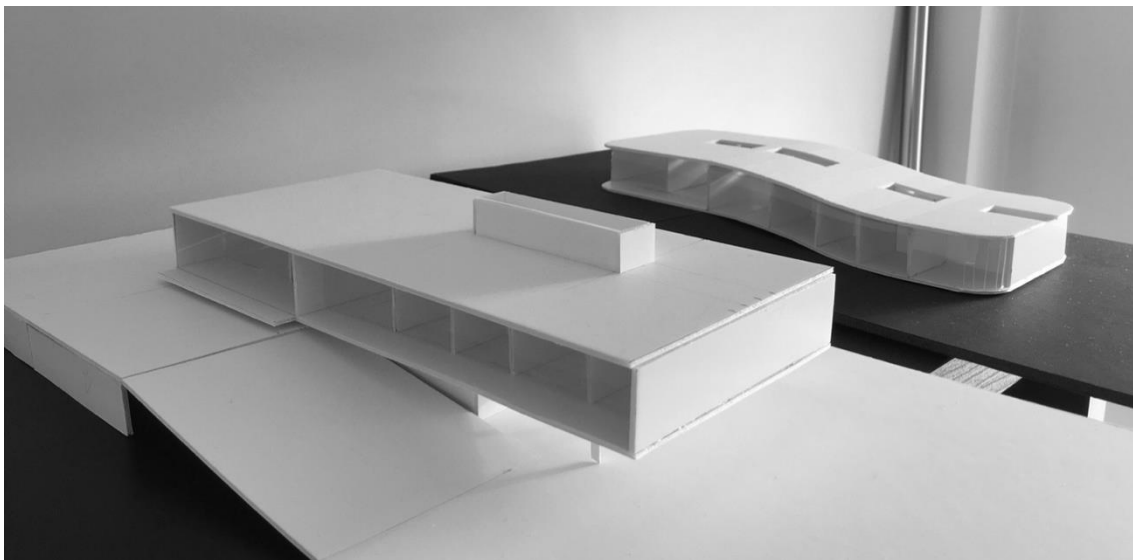


Figura 48 - Maquetes em k-line, executadas pelo autor, tendo como base o projeto da Casa de Cascais de Eduardo Souto de Moura.

5.3.7 CAD

Seguindo a ordem de ideias da ficha de trabalho 7, presente no anexo 1 desta dissertação, no tópico dos **objetivos** temos: **Apresentação:** criar um modelo tridimensional virtual em plataforma CAD que consiga mostrar as linhas gerais do projeto. A sua volumetria modelada numa plataforma de desenho rigorosa deve mostrar bastantes detalhes; **Funcionalidade:** é esperado que a maquete seja funcional, ou seja, verificar espaços através das suas transparências, conseguir ver o seu interior. O terreno tem de interagir com o modelo; **Surpresa no resultado final:** conseguir entender a forma por si só, e as comunicações que esta cria com o terreno. O modelo tem de conseguir mostrar a sua volumetria de forma a que o seu criador consiga perceber e imaginar o espaço na realidade. Conseguir visualizar o modelo em 360º graus na plataforma digital; **Proximidade com a analogia:** é espectável que o modelo se apresente com aspetos idênticos à sua analogia. Visualização de detalhes arquitetónicos, como lajes, paredes, vãos e cobertura.

O tópico seguinte aborda os **processos**, tais como: **Tempo**: os modelos criados em plataformas CAD são bastante intuitivos na sua construção, contudo, é necessário ter conhecimento técnico da plataforma para trabalhar com rapidez. Por outro lado, a não ser que a volumetria seja criada sem uma forma pré-definida, são necessários os desenhos técnicos do projeto, cerca de um dia de trabalho a produzir. Ou seja, se a modelação for para um estudo volumétrico é um processo mais rápido, mas se a modelação seguir um processo projectual mais rigoroso, é um trabalho mais demorado; **Custo**: estas plataformas de desenho são muito dispendiosas para um atelier por causa das suas licenças. Se o estudo for meramente académico, não tem quaisquer custos; **Complexidade**: estas plataformas são bastante complexas, necessitam de um conhecimento aprofundado, para se trabalhar tanto em desenho técnico, como em modelação 3D; **Peças desenhadas**: neste caso, foram necessários desenhos técnicos para elaborar o modelo tridimensional virtual. Como por exemplo, plantas, cortes e alçados como podemos verificar na figura 49.

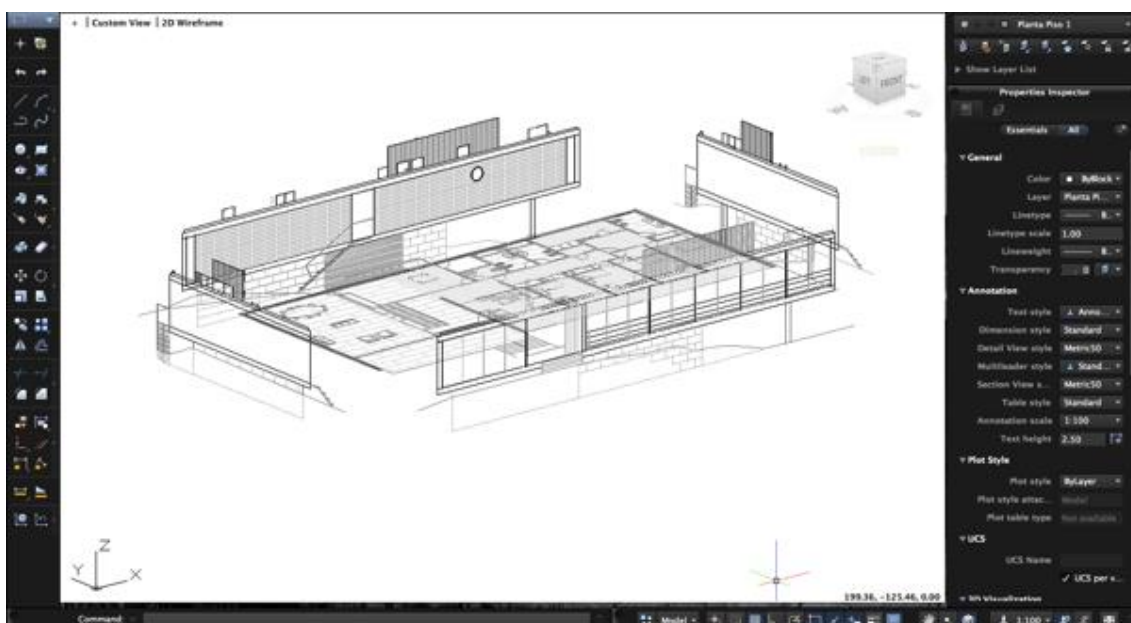


Figura 49 – Modelo tridimensional CAD, criado pelo autor, tendo como base o projeto da Casa Cascais de Eduardo Souto de Moura

O terceiro tópico, procura fala-nos sobre as **ferramentas**, englobando: **Material utilizado**: para trabalhar é necessário um computador com a software CAD, um teclado e um rato. Agora com as novas tecnologias também já é possível trabalhar em tablets e alguns telemóveis mais avançados; **Portabilidade**: este modelo tridimensional tem muitas formas de portabilidade, desde o computador portátil, tablet, telemóvel, pen, ou impresso em papel. É sem dúvida, o modelo mais portátil entre todos.

Para finalizar, o último tópico deste modelo tridimensional virtual CAD, abrange os **resultados**, sendo eles: **Semelhanças**: segundo o estudo, podemos verificar que estas plataformas digitais CAD, conseguem criar um modelo tridimensional igual à obra arquitetônica. Desde a sua forma geral, aos detalhes mais elaborados do projeto, ao terreno de implantação. É possível modelar qualquer coisa nestas plataformas; **Facilidade de execução**: são plataformas complexas, exigem conhecimentos avançados de modelagem. Depois de obter esses conhecimentos, a plataforma não tem limites de modelagem e a rapidez de execução torna-se uma mais valia em comparação a desenhos técnicos manuais e modelos tridimensionais manuais; **Representação do pretendido**: como podemos verificar na figura 50 este modelo tridimensional virtual representa o pretendido, tem um detalhe arquitetônico dentro do esperado, no entanto, poderá ainda ser mais detalhado, dependendo do objetivo do trabalho. Estas plataformas virtuais possibilitam uma modelação tão detalhada que as imagens a três dimensões parecem reais; **Prazer em executar**: quando já se tem alguma experiência em modelação virtual, este processo torna-se prazeroso e bastante intuitivo, contudo, o pensar com as mãos neste caso, não é físico, não é direto, não estamos a tocar diretamente no modelo. Estamos apenas a clicar em teclas, para determinar comandos de modelação, para criar uma forma. No entanto, a rapidez para executar uma alteração no projeto, não tem comparação com as maquetes físicas, esta é a grande mais valia que as plataformas digitais trouxeram à arquitetura.

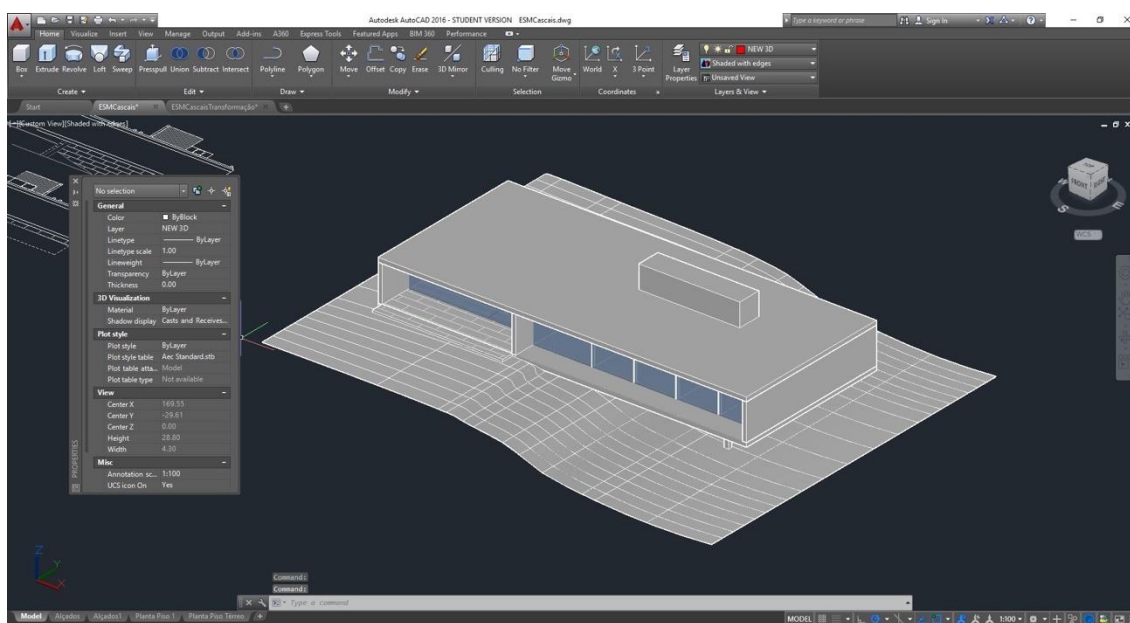


Figura 50 – Modelo tridimensional CAD, criado pelo autor, tendo como base o projeto da Casa Cascais de Eduardo Souto de Moura

5.3.8 CAD | Transformação

Seguindo a ordem de ideias da ficha de trabalho 8, presente no anexo 1 desta dissertação, no tópico dos **objetivos** temos: **Apresentação:** criar um modelo tridimensional virtual em plataforma CAD que consiga mostrar as linhas gerais da transformação criada tendo como base o projeto da casa em cascais do Arq. Eduardo Souto de Moura. A sua volumetria modelada numa plataforma de desenho rigorosa deve mostrar bastantes detalhes, neste caso as formas orgânicas; **Funcionalidade:** é esperado que a maquete seja funcional, ou seja, verificar espaços através das suas transparências, conseguir ver o seu interior. O terreno tem de interagir com o modelo; **Surpresa no resultado final:** conseguir entender a forma por si só, e as comunicações que esta cria com o terreno. O modelo tem de conseguir mostrar a sua volumetria de forma a que o seu criador consiga perceber e imaginar o espaço na realidade. Conseguir visualizar o modelo em 360º graus na plataforma digital; **Proximidade com a analogia:** é espectável que o modelo se apresente com aspetos idênticos à sua analogia. Visualização de detalhes arquitetónicos, como lajes, paredes, vãos e cobertura. O edifício terá uma forma orgânica invulgar por acompanhar o terreno no seu movimento, no entanto, conseguimos comparar com a forma anterior.

O tópico seguinte aborda os **processos**, tais como: **Tempo:** os modelos criados em plataformas CAD são bastante intuitivos na sua construção, contudo, é necessário ter conhecimento técnico da plataforma para trabalhar com rapidez. Por outro lado, a não ser que a volumetria seja criada sem uma forma pré-definida, são necessários os desenhos técnicos do projeto, cerca de um dia de trabalho a produzir. Ou seja, se a modelação for para um estudo volumétrico é um processo mais rápido, mas se a modelação seguir um processo projectual mais rigoroso, é um trabalho mais demorado. Neste caso como foram abordadas formas orgânicas, o modelo virtual ainda demora mais tempo a ser definido, isto porque tem de ser planeado previamente para se usar comandos mais avançados de modelação; **Custo:** estas plataformas de desenho são muito dispendiosas para um atelier por causa das suas licenças. Se o estudo for meramente académico, não tem quaisquer custos; **Complexidade:** estas plataformas são bastante complexas, necessitam de um conhecimento aprofundado, para se trabalhar tanto em desenho técnico, como em modelação 3D; **Peças desenhadas:** neste caso, visto se tratar de uma nova forma baseada no anterior projeto, foi necessário desenhar plantas, cortes e alçados para elaborar o modelo tridimensional virtual.

O terceiro tópico fala-nos sobre as **ferramentas**, englobando: **Material utilizado:** para trabalhar é necessário um computador com a software CAD, um teclado e um rato. Agora com

as novas tecnologias também já é possível trabalhar em tablets e alguns telemóveis mais avançados; **Portabilidade:** este modelo tridimensional tem muitas formas de portabilidade, desde o computador portátil, tablet, telemóvel, pen, ou impresso em papel. É sem dúvida, o modelo mais portátil entre todos.

Para finalizar, o último tópico deste modelo tridimensional virtual CAD, abrange os **resultados**, sendo eles: **Semelhanças:** segundo o estudo, podemos verificar que estas plataformas digitais CAD, conseguem criar um modelo tridimensional igual à transformação criada pelo mestrande, baseada na cada em cascais do Arq. Souto Moura. Desde a sua forma geral, aos detalhes mais elaborados do projeto, ao terreno de implantação. É possível modelar qualquer coisa nestas plataformas; **Facilidade de execução:** são plataformas complexas, exigem conhecimentos avançados de modelagem. Depois de obter esses conhecimentos, a plataforma não tem limites de modelagem e a rapidez de execução torna-se uma mais valia em comparação a desenhos técnicos manuais e modelos tridimensionais manuais; **Representação do pretendido:** este modelo tridimensional virtual representa o pretendido, tem um detalhe arquitetónico dentro do esperado como podemos verificar na figura 51, no entanto, poderá ainda ser mais detalhado, dependendo do objetivo do trabalho. Estas plataformas virtuais possibilitam uma modelação tão detalhada que as imagens a três dimensões parecem reais. Um dos objetivos, era conseguir perceber o movimento da forma perante o terreno, e isso está bem visível no modelo, tornando-se uma transformação interessante, perante a anterior forma; **Prazer em executar:** quando já se tem alguma experiência em modelação virtual, este processo torna-se prazeroso e bastante intuitivo, contudo, o pensar com as mãos neste caso, não é físico, não é direto, não estamos a tocar diretamente no modelo. Estamos apenas a clicar em teclas, para determinar comandos de modelação, para criar uma forma. No entanto, a rapidez para executar uma alteração no projeto, não tem comparação com as maquetes físicas, esta é a grande mais valia que as plataformas digitais trouxeram à arquitetura.

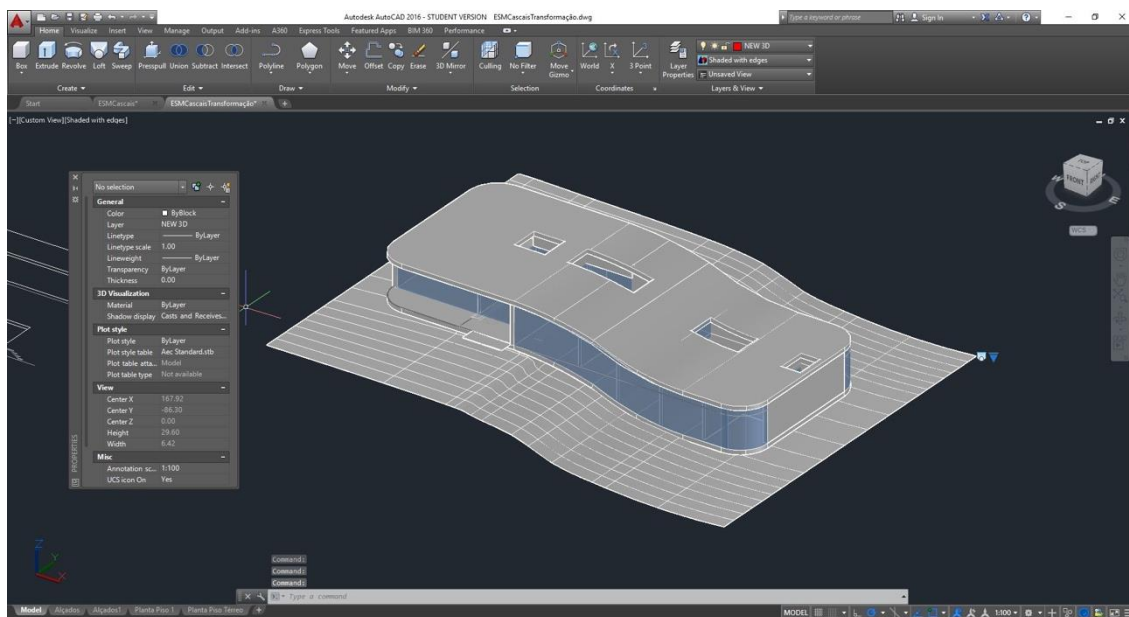


Figura 51 – Modelo tridimensional CAD de transformação, criado pelo autor, tendo como base o projeto da Casa Cascais de Eduardo Souto de Moura

5.3.9 BIM | REVIT

Seguindo a ordem de ideias da ficha de trabalho 9, presente no anexo 1 desta dissertação, no tópico dos **objetivos** temos: **Apresentação:** criar um modelo BIM tridimensional virtual, na plataforma REVIT, que consiga mostrar as linhas gerais do projeto da casa em cascais do Arq. Eduardo Souto de Moura. A volumetria modelada numa plataforma BIM deve mostrar bastante detalhe; **Funcionalidade:** é esperado que a maquete seja funcional, ou seja, verificar espaços através das suas transparências, conseguir ver o seu interior. O terreno tem de interagir com o modelo. Esta plataforma permite também desenhar e “construir” ao mesmo tempo, ou seja, uma parede é desenhada e aparece na vista de desenho e ao mesmo tempo já tem uma espessura e altura, aparecendo também na vista 3D. Quando se desenha uma parede, a mesma pode ser editada para conter informações intrínsecas; **Surpresa no resultado final:** conseguir entender a forma por si só, e as comunicações que esta cria com o terreno. O modelo tem de conseguir mostrar a sua volumetria de forma a que o seu criador consiga perceber e imaginar o espaço na realidade. Conseguir visualizar o modelo em 360º graus na plataforma digital. Entender e estudar como a luz e a sombra percorrem o modelo. As alterações nesta plataforma são muito mais rápidas que numa plataforma CAD; **Proximidade com a analogia:** é espectável que o modelo se apresente com aspetos idênticos à sua analogia. Visualização de detalhes arquitetónicos, como lajes, paredes, vãos e cobertura.

O tópico seguinte aborda os **processos**, tais como: **Tempo**: os modelos criados em plataformas REVIT são bastante intuitivos na sua construção, contudo, é necessário ter conhecimento técnico da plataforma para trabalhar com rapidez. Por outro lado, ao contrário das plataformas CAD, é possível criar os desenhos técnicos ao mesmo tempo que o modelo tridimensional, ou seja, um modelo BIM. Este processo aumenta a rapidez de produção dos elementos de arquitetura; **Custo**: estas plataformas de desenho e modelação são muito dispendiosas para um atelier por causa das suas licenças. Se o estudo for meramente académico, não tem quaisquer custos; **Complexidade**: estas plataformas são bastante complexas, necessitam de um conhecimento aprofundado, para se trabalhar tanto em desenho técnico, como em modelação 3D, como também em modelos BIM. É imprescindível um pensamento de construção e desenho em simultâneo; **Peças desenhadas**: neste caso, visto se tratar do projeto da casa em cascais, do Arq. Souto Moura, foi necessário ter em conta os desenhos técnicos do projeto presentes no anexo 2, para os desenhar e modelar na plataforma.

O terceiro tópico fala-nos sobre as **ferramentas**, englobando: **Material utilizado**: para trabalhar é necessário um computador com a software REVIT, um teclado e um rato; **Portabilidade**: este modelo tridimensional tem muitas formas de portabilidade, desde o computador portátil, tablet, telemóvel, pen, ou impresso em papel. Para finalizar, o último tópico deste modelo tridimensional virtual REVIT, abrange os **resultados**, sendo eles: **Semelhanças**: as plataformas BIM pretendem criar modelos que sejam iguais ao projeto real, tanto a nível da forma como a nível material e outras especificidades arquitetónicas. O modelo criado corresponde ao esperado, e é o mais detalhado entre todos os modelos deste estudo; **Facilidade de execução**: são plataformas complexas, exigem conhecimentos avançados de modelagem. Depois de obter esses conhecimentos, a plataforma não tem limites de modelagem e a rapidez de execução torna-se uma mais valia em comparação a desenhos técnicos manuais e modelos tridimensionais manuais; **Representação do pretendido**: este modelo tridimensional virtual representa o pretendido, tem um detalhe arquitetónico muito detalhado, com informações intrínsecas no modelo BIM. Estas plataformas virtuais possibilitam uma modelação tão detalhada que as imagens a três dimensões parecem reais; **Prazer em executar**: quando já se tem alguma experiência em modelação virtual, este processo torna-se prazeroso e bastante intuitivo, contudo, o pensar com as mãos neste caso, não é físico, não é direto, não estamos a tocar diretamente no modelo. Estamos apenas a clicar em teclas, para determinar comandos de modelação, para criar uma forma. No entanto, a rapidez para executar uma alteração no projeto, não tem comparação com as maquetes

físicas, esta é a grande mais valia que as plataformas digitais trouxeram à arquitetura. Antigamente, um pequeno erro num desenho a tinta, era sinónimo de um desenhar novo.

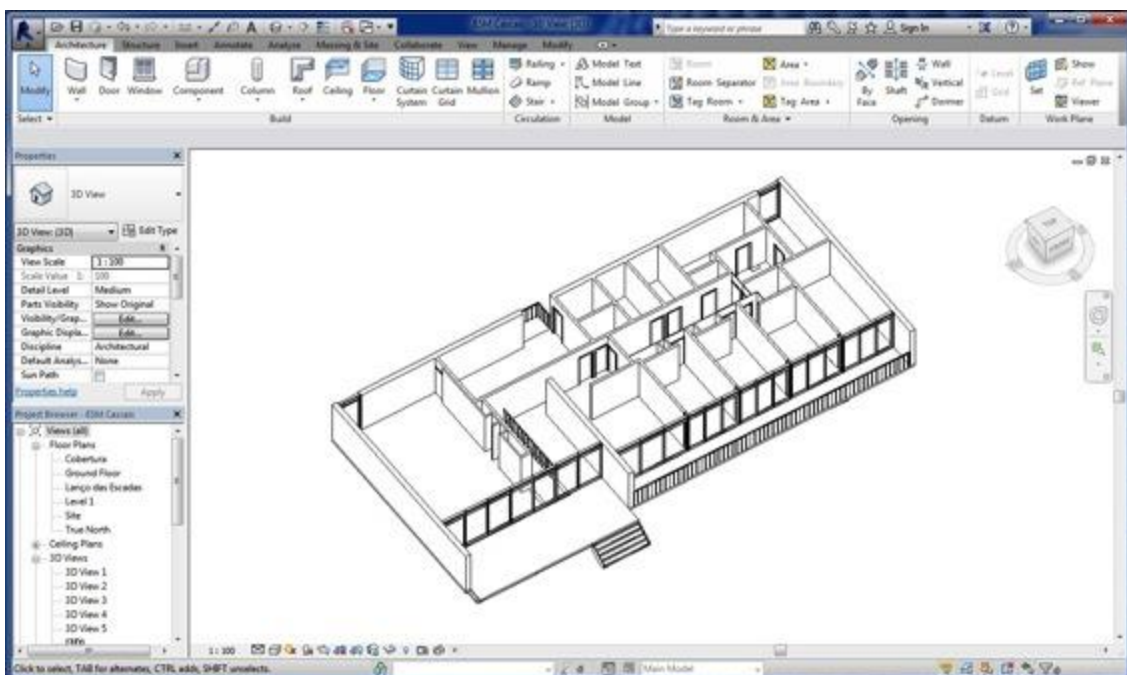


Figura 52 – Modelo tridimensional BIM - Revit, criado pelo autor, tendo como base o projeto da Casa Cascais de Eduardo Souto de Moura

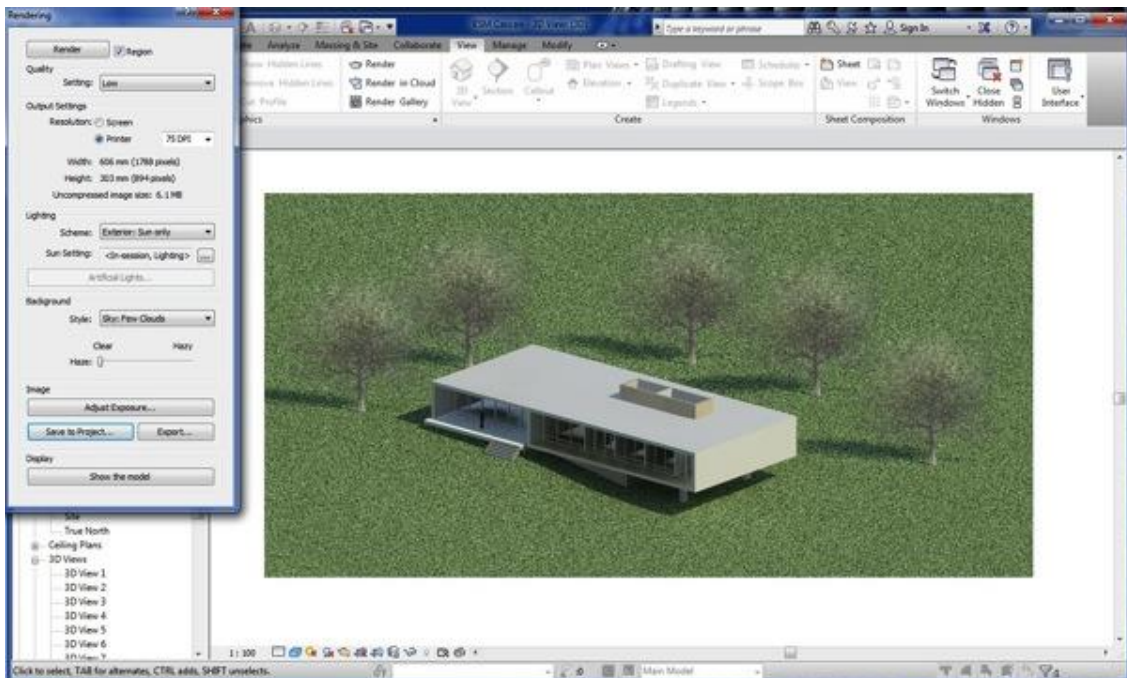


Figura 53 – Modelo tridimensional Revit, criado pelo autor, tendo como base o projeto da Casa Cascais de Eduardo Souto de Moura

5.3.10 REVIT | Transformação

Seguindo a ordem de ideias da ficha de trabalho 10, presente no anexo 1 desta dissertação, no tópico dos **objetivos** temos: **Apresentação:** criar um modelo BIM tridimensional virtual, na plataforma REVIT, que consiga mostrar as linhas gerais da transformação criada pelo mestrando tendo como base a casa de cascais do arq. Souto Moura. A volumetria modelada numa plataforma BIM deve mostrar bastante detalhe; **Funcionalidade:** é esperado que a maquete seja funcional, ou seja, verificar espaços através das suas transparências, conseguir ver o seu interior. O terreno tem de interagir com o modelo. Esta plataforma permite também desenhar e “construir” ao mesmo tempo, ou seja, uma parede é desenhada e aparece na vista de desenho e ao mesmo tempo já tem uma espessura e altura, aparecendo também na vista 3D. Quando se desenha uma parede, a mesma pode ser editada para conter informações intrínsecas; **Surpresa no resultado final:** conseguir entender a forma por si só, e as comunicações que esta cria com o terreno através da sua forma orgânica. O modelo tem de conseguir mostrar a sua volumetria de forma a que o seu criador consiga perceber e imaginar o espaço na realidade. Conseguir visualizar o modelo em 360º graus na plataforma digital. Entender e estudar como a luz e a sombra percorrem o modelo. As alterações nesta plataforma são muito mais rápidas que numa plataforma CAD; **Proximidade com a analogia:** é espectável que o modelo se apresente com aspetos idênticos à sua analogia. Visualização de detalhes arquitetónicos, como lajes, paredes, vãos e cobertura.

O tópico seguinte aborda os **processos**, tais como: **Tempo:** os modelos criados em plataformas REVIT são bastante intuitivos na sua construção, contudo, é necessário ter conhecimento técnico da plataforma para trabalhar com rapidez. Por outro lado, ao contrário das plataformas CAD, é possível criar os desenhos técnicos ao mesmo tempo que o modelo tridimensional, ou seja, um modelo BIM. Este processo aumenta a rapidez de produção dos elementos de arquitetura. Esta transformação tem uma forma orgânica que acompanha o terreno, então foi necessário mais tempo de modelação para criar esta nova volumetria. Este tipo de intervenção aborda comandos mais complexos que modelo anterior com uma forma mais conservadora; **Custo:** estas plataformas de desenho e modelação são muito dispendiosas para um atelier por causa das suas licenças. Se o estudo for meramente académico, não tem quaisquer custos; **Complexidade:** estas plataformas são bastante complexas, necessitam de um conhecimento aprofundado, para se trabalhar tanto em desenho técnico, como em modelação 3D, como também em modelos BIM. É imprescindível um pensamento de construção e desenho em simultâneo; **Peças desenhadas:** neste caso,

visto se tratar da transformação criada pelo autor, tendo em conta o projeto da casa em cascais, do Arq. Souto Moura, foi necessário ter em conta os desenhos técnicos elaborados em CAD para desenhar e modelar na plataforma REVIT.

O terceiro tópico fala-nos sobre as **ferramentas**, englobando: **Material utilizado**: para trabalhar é necessário um computador com a software REVIT, um teclado e um rato; **Portabilidade**: este modelo tridimensional tem muitas formas de portabilidade, desde o computador portátil, tablet, telemóvel, pen, ou impresso em papel.

Para finalizar, o último tópico deste modelo tridimensional virtual REVIT, abrange os **resultados**, sendo eles: **Semelhanças**: as plataformas BIM pretendem criar modelos que sejam iguais à transformação criada pelo mestrand, tanto a nível da forma como a nível material e outras especificidades arquitetónicas. O modelo criado corresponde ao esperado, e é o mais detalhado entre todos os modelos deste estudo; **Facilidade de execução**: são plataformas complexas, exigem conhecimentos avançados de modelagem. Depois de obter esses conhecimentos, a plataforma não tem limites de modelagem e a rapidez de execução torna-se uma mais valia em comparação a desenhos técnicos manuais e modelos tridimensionais manuais; **Representação do pretendido**: este modelo tridimensional virtual representa o pretendido. A forma orgânica do edifício sobressai, acompanhando o terreno na sua inclinação. Este modelo tem pormenores arquitetónicos muito detalhados, com informações intrínsecas BIM. Estas plataformas virtuais possibilitam uma modelação tão detalhada que as imagens a três dimensões parecem reais; **Prazer em executar**: quando já se tem alguma experiência em modelação virtual, este processo torna-se prazeroso e bastante intuitivo, contudo, o pensar com as mãos neste caso, não é físico, não é direto, não estamos a tocar diretamente no modelo. Estamos apenas a clicar em teclas, para determinar comandos de modelação, para criar uma forma. No entanto, a rapidez para executar uma alteração no projeto, não tem comparação com as maquetes físicas, esta é a grande mais valia que as plataformas digitais trouxeram à arquitetura.

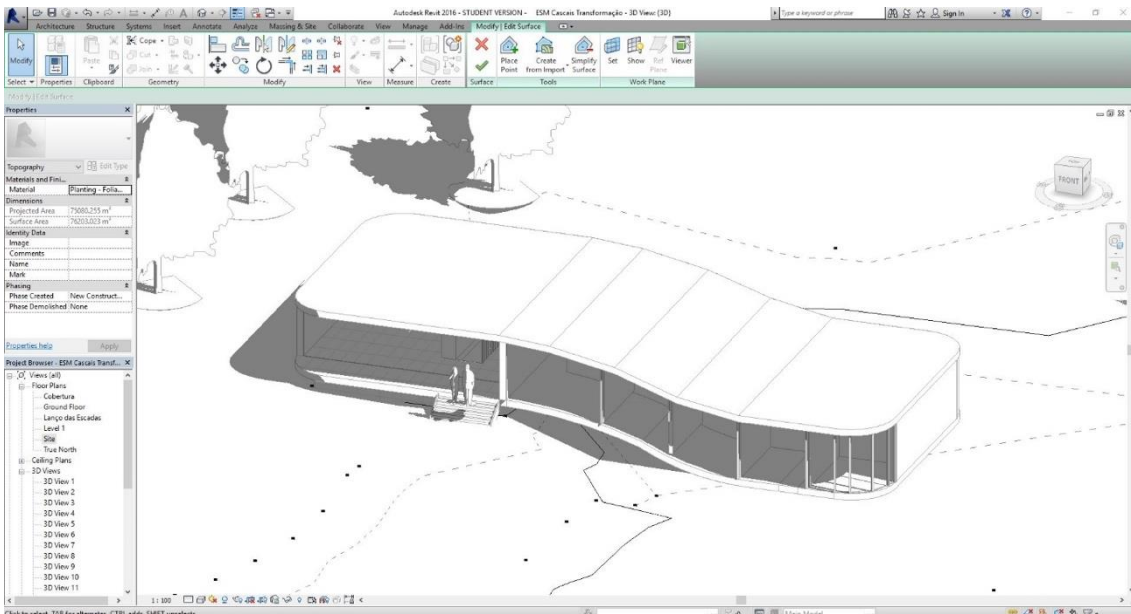


Figura 54 – Modelo tridimensional de Revit - transformação, criado pelo autor, tendo como base o projeto da Casa Cascais de Eduardo Souto de Moura

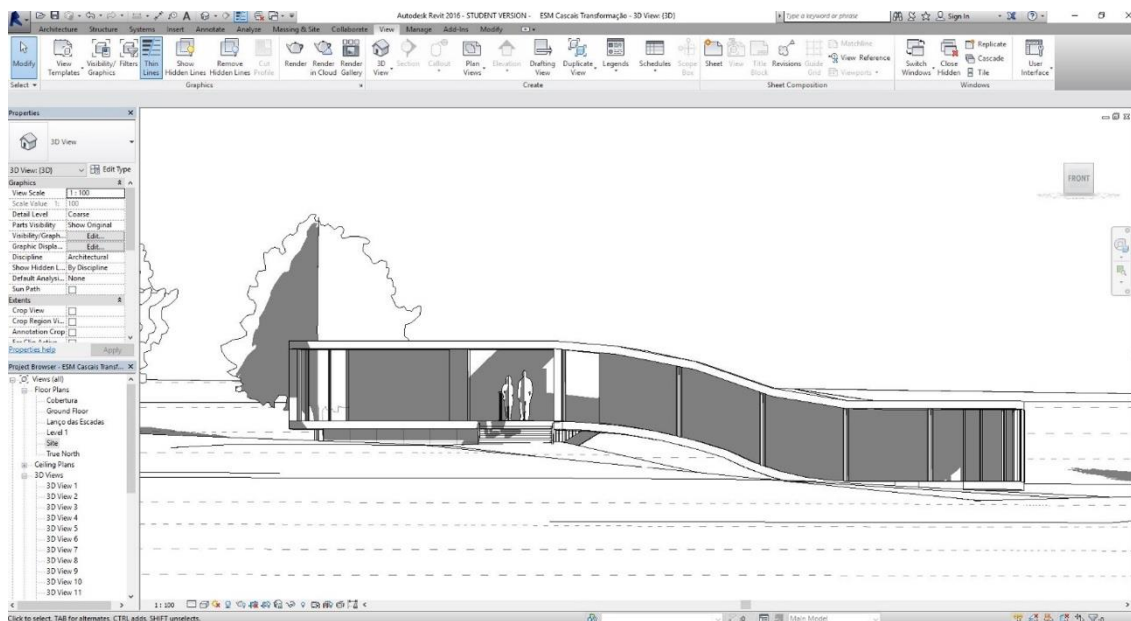


Figura 55 – Modelo tridimensional Revit – transformação, criado pelo autor, tendo como base o projeto da Casa Cascais de Eduardo Souto de Moura

5.3.11. Impressão 3D

A impressão 3D é uma das ferramentas da arquitetura atual. Cada vez há menos tempo para projetar nos ateliers, tendo em conta a dinâmica do mercado e da construção. Como a arquitetura anda sempre a par das novas tecnologias e o desenho é todo ele elaborado no computador, e a par do desenho, começaram a surgir os modelos tridimensionais, porque não imprimí-los tridimensionalmente? É um facto que uma impressora 3D poupa imenso trabalho manual num atelier, tendo em conta que a forma já foi executada em plataformas digitais. Mas também é preciso ter em consideração, a manutenção das impressoras, o preço do material e o preço das impressões no caso de não possuir uma própria. A principal vantagem desta ferramenta às outras anteriormente estudadas, é o facto de possibilitar que a mão de obra num atelier não seja direcionada para executar maquetes, visto que é só necessário configurar a impressão, deixando margem para trabalhar nas outras coisas do projeto. Uma das desvantagens desta ferramenta, é o lado acabado que ela confere aos modelos, é difícil fazer alterações à mão visto que é um material resistente. Para fazer uma alteração é mais executá-la no computador e depois voltar a imprimir. Mas é preciso considerar depois o tempo de impressão.

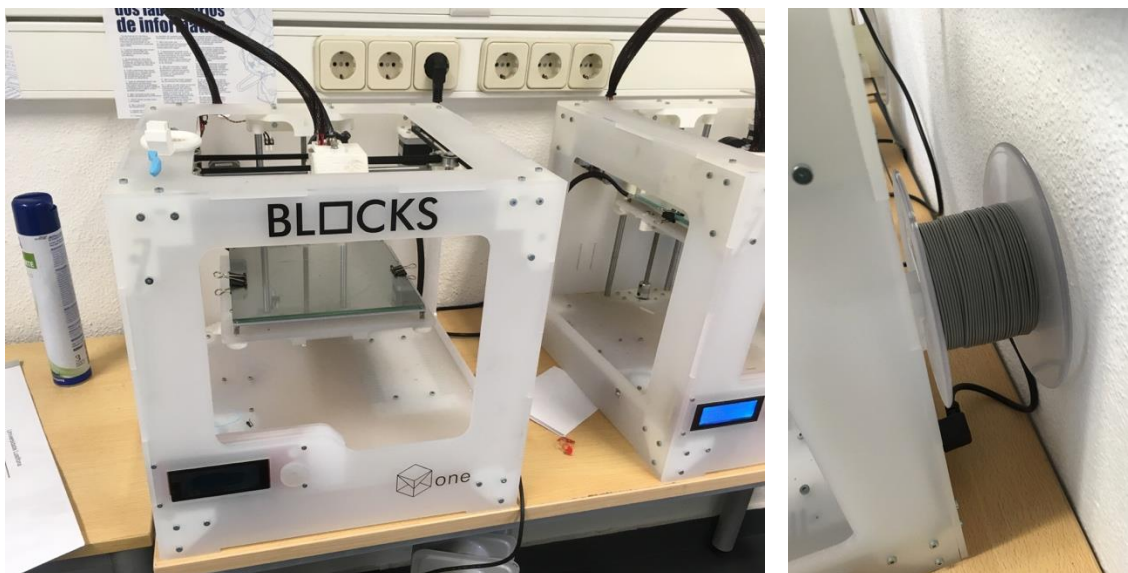


Figura 56 e 57 - Impressoras 3D e o filamento para impressão. Fotografias do autor no LABTEC da Universidade Lusófona de Humanidades e Tecnologias de Lisboa

Seguindo a ordem de ideias da ficha de trabalho 11, presente no anexo 1 desta dissertação, no tópico dos **objetivos** temos: **Apresentação:** criar um modelo 3D através de impressão 3D, elaborado anteriormente em plataforma CAD, que consiga mostrar as linhas gerais do projeto da Casa de Cascais do Arq.º Souto Moura. A volumetria modelada em plataforma CAD e depois impressa em 3D mostra apenas a sua forma básica sem detalhes; **Funcionalidade:** é esperado que a maquete seja funcional, ou seja, verificar espaços através das suas transparências, conseguir ver o seu interior; **Surpresa no resultado final:** conseguir entender a forma por si só, e as comunicações que esta cria com o terreno através da sua forma orgânica. O modelo tem de conseguir mostrar a sua volumetria de forma a que o seu criador consiga perceber e imaginar o espaço na realidade. Entender e estudar como a luz e a sombra percorrem o modelo; **Proximidade com a analogia:** é espectável que o modelo se apresente com aspetos idênticos à sua analogia. Visualização de detalhes arquitetónicos, como lajes, paredes, vãos e cobertura.

O tópico seguinte aborda os **processos**, tais como: **Tempo:** os modelos criados através de impressão 3D, tem várias especificidades ao nível do tempo. Por exemplo, é preciso perceber qual a melhor maneira de imprimir sem haver gastos de material. Ou seja, quando colocamos o modelo 3D na plataforma de edição da impressora, ele faz a estimativa de quanto tempo vai demorar a impressão, contudo, se pensarmos na melhor forma de fazer a impressão, beneficiamos de uns descontos de tempo. Por exemplo, se a impressão for repartida por pisos, a impressão fica mais rápida se for num bloco único. Neste caso, o projeto tinha como estimativa total de 5h:49m e consegui imprimir em 4h:38m; **Custo:** a impressão 3D não é acessível em comparação com todos os outros materiais deste estudo, contudo, se tivermos em consideração o facto de não termos o trabalho de fazer a maquete, tendo em conta que a impressora faz tudo, pode ter os seus benefícios. Aproximadamente 7€ por modelo; **Complexidade:** estas plataformas são bastante complexas, necessitam de um conhecimento aprofundado em modelação 3D. Gravar o modelo em STL num volume único. Neste caso o volume depois foi partido em três partes para facilitar a impressão. Também são precisos conhecimentos para a plataforma de impressão da impressora como podemos verificar na figura 58; **Peças desenhadas:** apenas o modelo digital 3D para introduzir na impressora.

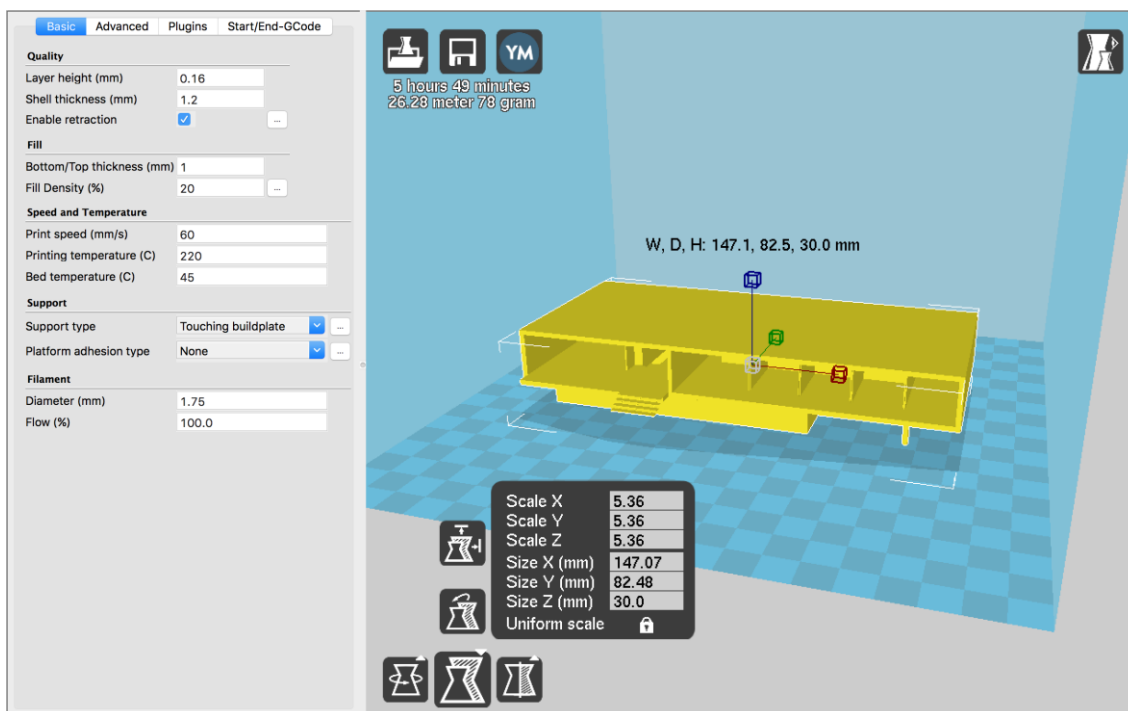


Figura 58 – Modelo tridimensional stl, para impressão 3D, criado pelo autor tendo como base o projeto da Casa Cascais de Eduardo Souto de Moura (imagem fornecida pelo LABTEC da Universidade Lusófona de Humanidades e Tecnologias de Lisboa para efeitos de orçamento)

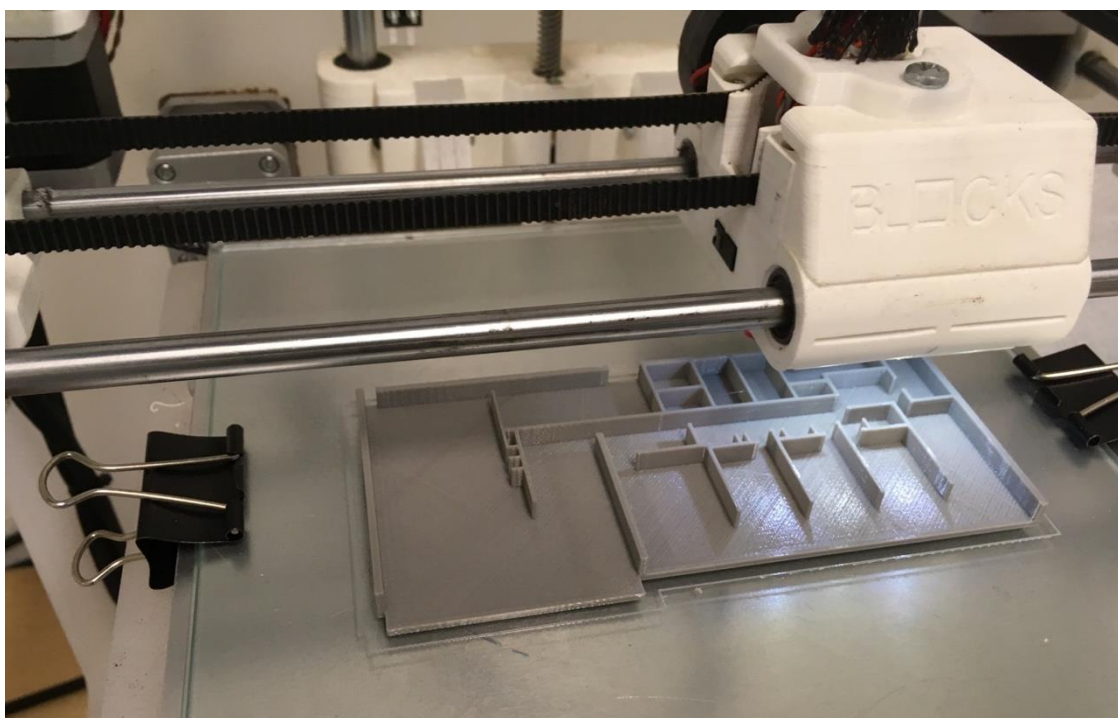


Figura 59 – Impressão de modelo 3D, tendo como base o projeto da Casa de Cascais de Eduardo Souto de Moura. Fotografia do autor no LABTEC da Universidade Lusófona de Humanidades e Tecnologias de Lisboa

O terceiro tópico fala-nos sobre as **ferramentas**, englobando: **Material utilizado:** impressora 3D com filamento para impressão e spray tipo laca para aplicar na base de impressão, para o modelo não ficar colado à base como podemos verificar na figura 57; **Portabilidade:** tem boa portabilidade porque o material é leve e as dimensões do modelo são à escala 1:200.

Para finalizar, o último tópico deste modelo tridimensional virtual REVIT, abrange os **resultados**, sendo eles: **Semelhanças:** o volume do modelo é idêntico ao projeto a construir, contudo, não tem grande detalhe à escala 1:200. Não foi possível imprimir as escadas porque àquela escala eram demasiado pequenas e impressora iria ter dificuldades em detalhar a escada; **Facilidade de execução:** são necessários conhecimentos avançados de modelação e de impressão 3D. A vantagem da impressora 3D, é que depois de termos o modelo finalizado, basta apenas fazer um scale na plataforma de impressão e mandar imprimir. A Impressão do modelo foi dividida em três fases para facilitar a impressão e aumentar a produtividade do projeto. Aconteceu um erro durante a impressão do piso -1, foi impresso apenas a área de construção, mas as colunas não. Quando a ponta se dirigia para o local das colunas fazia o movimento de impressão, mas não deixava o filamento no local. Foi necessário imprimir as colunas à parte. Foi necessário fazer uma alteração à mão, mas como o material é bastante resistente, não facilita o processo. A melhor alternativa é alterar o modelo no computador e voltar a imprimir; **Representação do pretendido:** esta ferramenta representa o pretendido com um volume simples, de cor única e um ótimo acabamento. **Prazer em executar:** é prazeroso ver o modelo tridimensional a ser impresso, depois de todo o trabalho a modelá-lo.

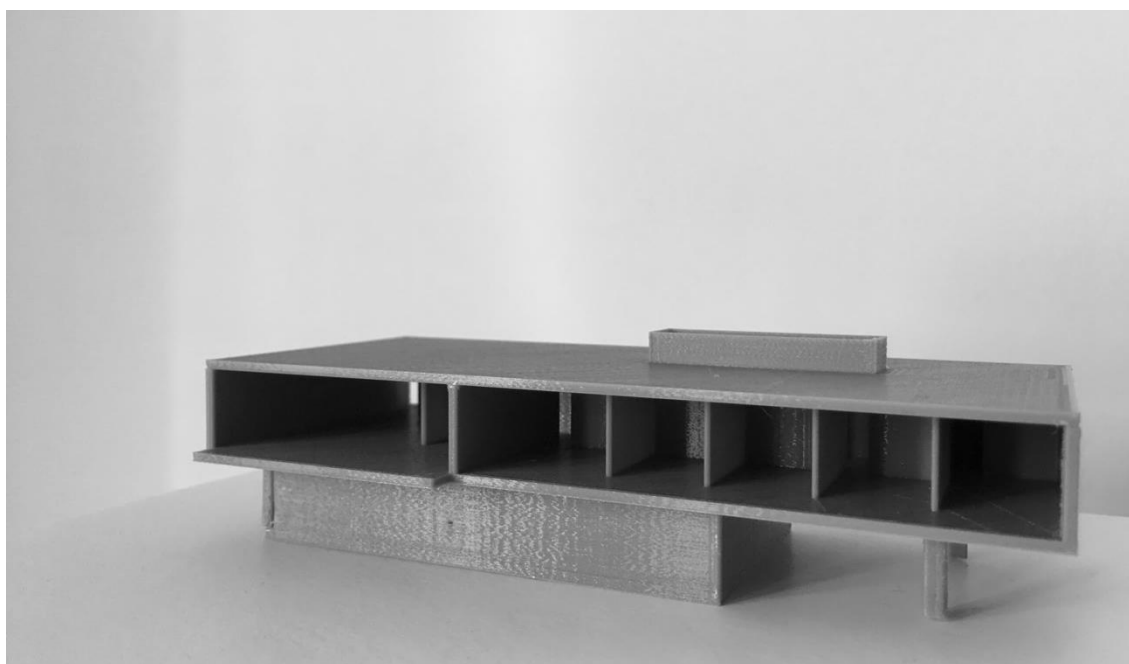


Figura 60 – Modelo tridimensional impresso em 3D através de filamento, executado pelo autor, tendo como base o projeto da Casa Cascais de Eduardo Souto de Moura. Impressão executada no LABTEC da Universidade Lusófona de Humanidades e Tecnologias de Lisboa

5.3.12 Impressão 3D - Transformação

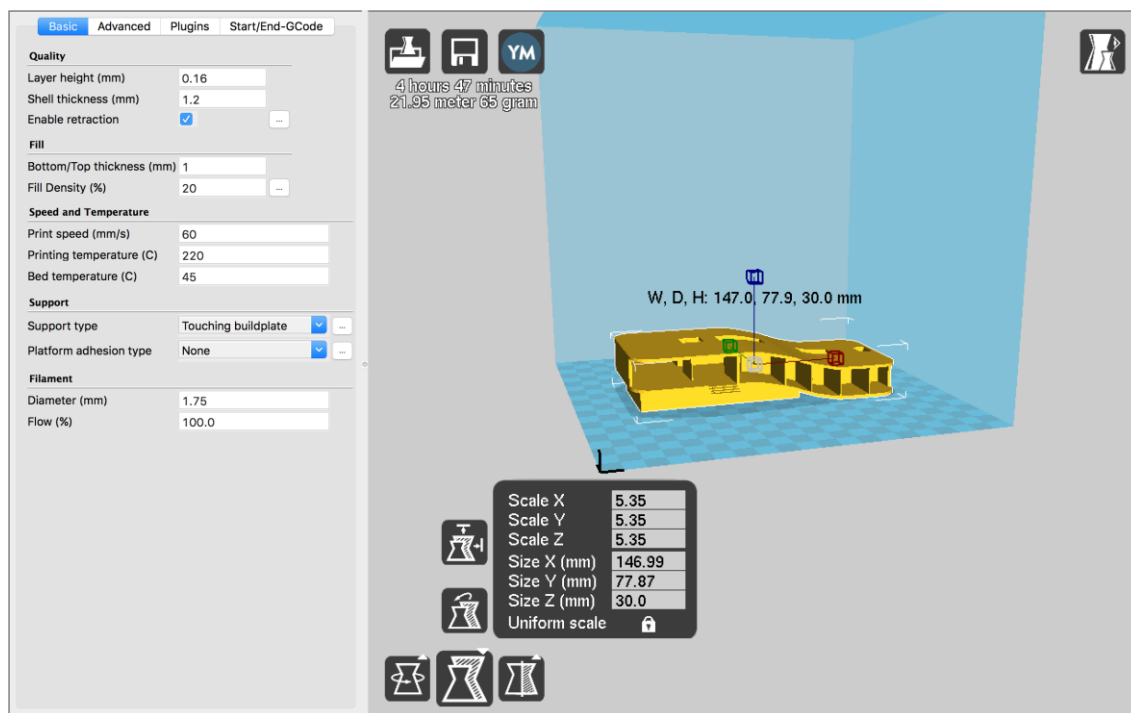


Figura 61 – Modelo tridimensional stl – transformação, para impressão 3D, executada pelo autor, tendo como base o projeto da Casa Cascais de Eduardo Souto de Moura (imagem fornecida pelo LABTEC da Universidade Lusófona de Humanidades e Tecnologias de Lisboa para efeitos de orçamento)

A impressão 3D executada nesta transformação, tendo como base o projeto da Casa de Cascais do Arq^o Eduardo Souto de Moura, levantou novos aspetos interessantes para este estudo. Para além do modelo ser dividido em três partes para aumentar a produtividade e diminuir o tempo de impressão, como as peças têm uma forma curva decidiu-se fazer a impressão das várias partes na vertical e não na horizontal. Na impressão 3D quando temos formas orgânicas, é preciso estudar como a peça vai assentar sobre a base, para evitar que a impressora crie suportes muito grandes, como podemos verificar na figura 62, a aplicação mostra os suportes que impressora vai criar para conseguir fazer a forma curva. Já na figura 63 podemos verificar o suporte já impresso, a fazer lembrar uma estrutura de andaimes que suportam o edifício. Esta opção poupa filamento de impressão, porque se este modelo fosse impresso na horizontal os suportes criados teriam uma maior dimensão, os gastos seriam maiores. Esta ferramenta tem um movimento preciso deixando também um bom acabamento em formas curvas. Como podemos verificar na figura 65, a cobertura à escala 1:200, ficou com um movimento fluído.

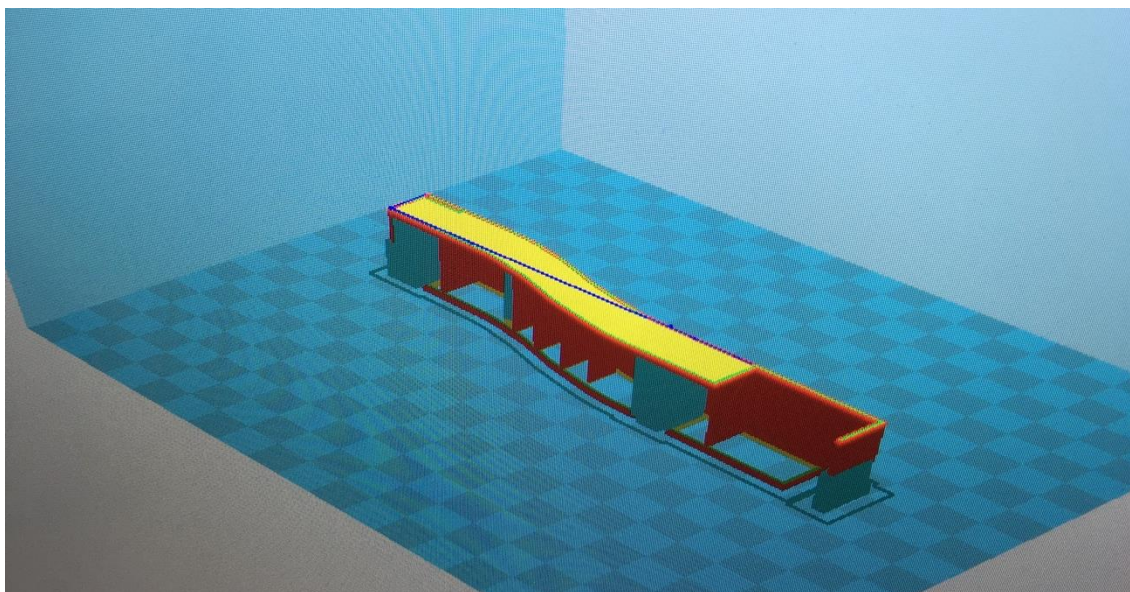


Figura 62 – Visualização do modelo tridimensional stl – transformação, para impressão 3D, executado pelo autor, tendo como base o projeto da Casa Cascais de Eduardo Souto de Moura (imagem fornecida pelo LABTEC da Universidade Lusófona de Humanidades e Tecnologias de Lisboa)

Seguindo a ordem de ideias da ficha de trabalho 12, presente no anexo 1 desta dissertação, no tópico dos **objetivos** temos: **Apresentação:** criar um modelo 3D através de impressão 3D, na plataforma CAD, que consiga mostrar as linhas gerais da transformação criada pelo mestrandu tendo como base a casa de cascais do arq. Souto Moura. A volumetria modelada em plataforma CAD e depois impressa em 3D mostra apenas a sua forma básica sem detalhes; **Funcionalidade:** é esperado que a maquete seja funcional, ou seja, verificar espaços através das suas transparências, conseguir ver o seu interior. Verificar as formas curvas do projeto de transformação com bastante rigor; **Surpresa no resultado final:** conseguir entender a forma por si só, e as comunicações que esta cria com o terreno através da sua forma orgânica. O modelo tem de conseguir mostrar a sua volumetria de forma a que o seu criador consiga perceber e imaginar o espaço na realidade. Entender e estudar como a luz e a sombra percorrem o modelo; **Proximidade com a analogia:** é espectável que o modelo se apresente com aspetos idênticos à sua analogia. Visualização de detalhes arquitetónicos, como lajes, paredes, vãos e cobertura.

O tópico seguinte aborda os **processos**, tais como: **Tempo:** os modelos criados através de impressão 3D, tem várias especificidades ao nível do tempo. Por exemplo, é preciso perceber qual a melhor maneira de imprimir sem haver gastos de material. Ou seja, quando colocamos o modelo 3D na plataforma de edição da impressora, ele faz a estimativa de quanto tempo vai demorar a impressão, contudo, se pensarmos na melhor forma de fazer a impressão, beneficiamos de uns descontos de tempo. Por exemplo, se a impressão for

repartida por pisos, a impressão fica mais rápida se for num bloco único. Neste caso, o projeto tinha como estimativa total de 4h:47m e conseguiu imprimir em 4h:18m; **Custo:** a impressão 3D não é acessível em comparação com todos os outros materiais deste estudo, contudo, se tivermos em consideração o facto de não termos o trabalho de fazer a maquete, tendo em conta que a impressora faz tudo, pode ter os seus benefícios. Aproximadamente 7€ por modelo; **Complexidade:** estas plataformas são bastante complexas, necessitam de um conhecimento aprofundado em modelação 3D. Gravar o modelo em STL num volume único. Neste caso o volume depois foi partido em três partes para facilitar a impressão. Também são precisos conhecimentos para a plataforma de impressão da impressora; **Peças desenhadas:** apenas o modelo digital 3D para introduzir na impressora.

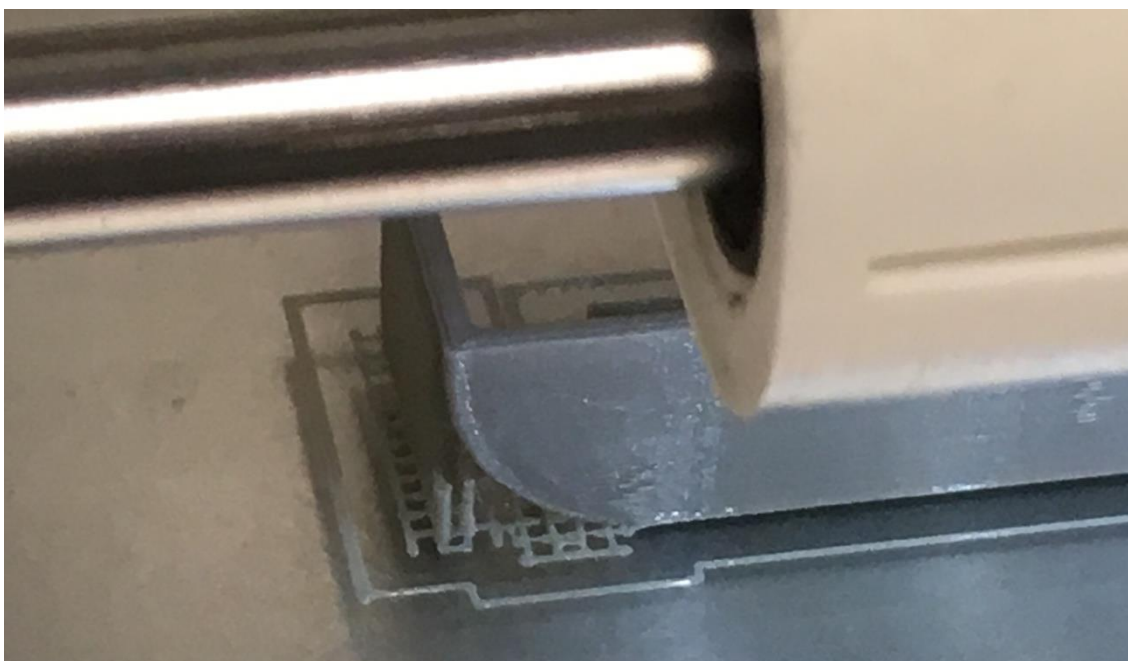


Figura 63 –Visualização da impressão um suporte criado pela impressora 3D quando a base é curva. Fotografia do autor no LABTEC da Universidade Lusófona de Humanidades e Tecnologias de Lisboa

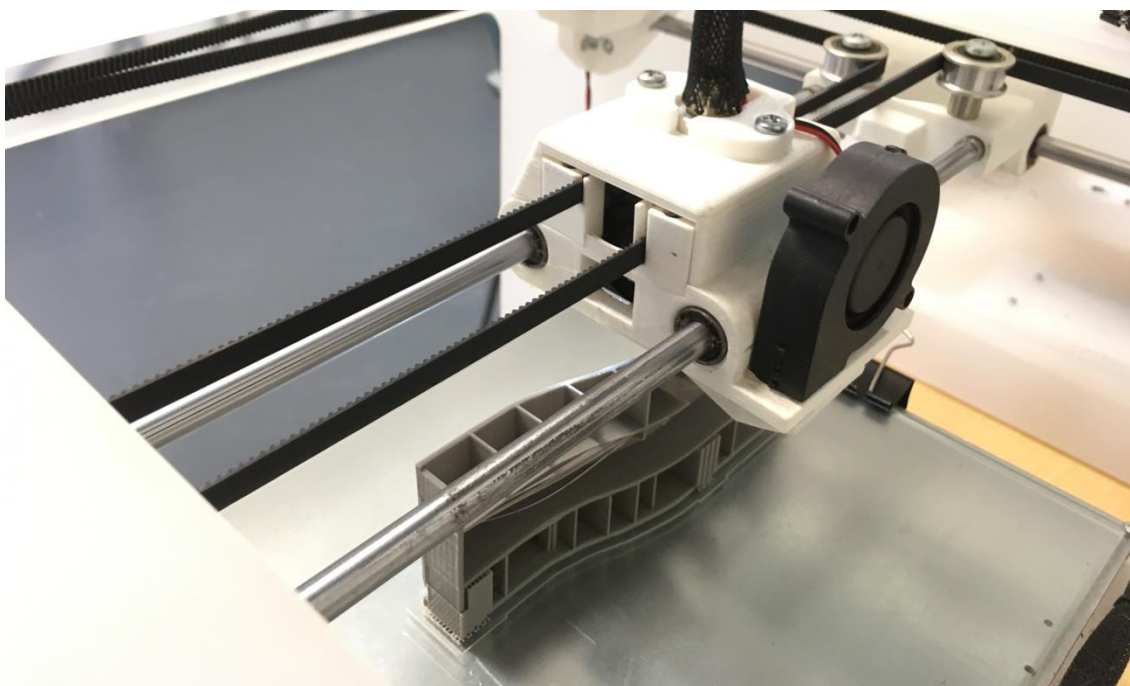


Figura 64 – Visualização da impressão do modelo de transformação. Fotografia do autor no LABTEC da Universidade Lusófona de Humanidades e Tecnologias de Lisboa

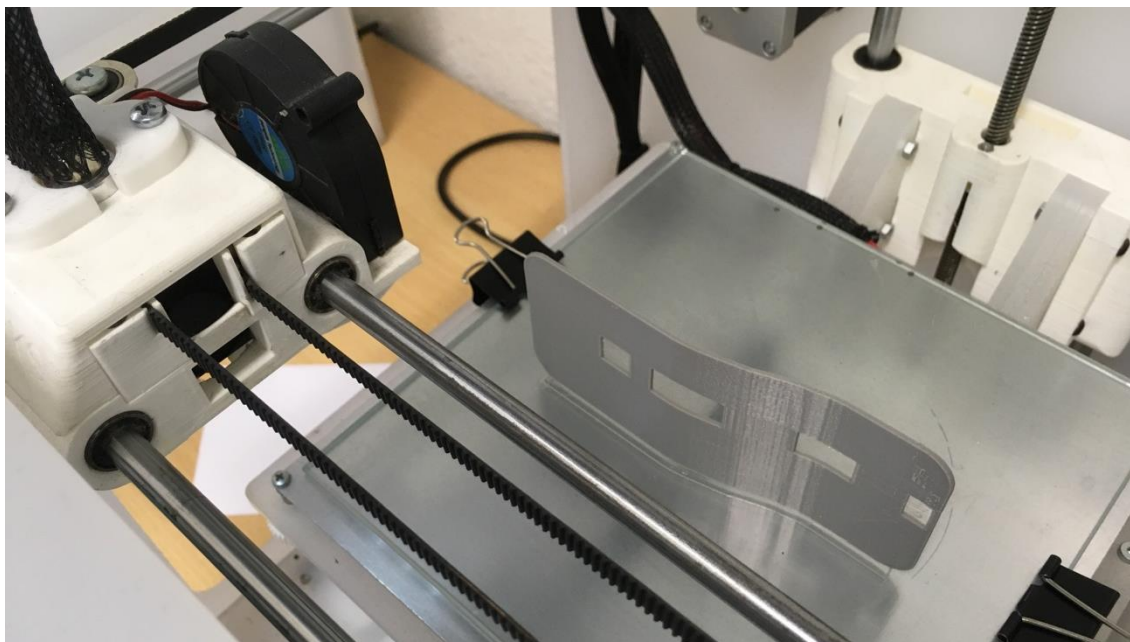


Figura 65 – Impressão da cobertura. Fotografia do autor no LABTEC da Universidade Lusófona de Humanidades e Tecnologias de Lisboa

O terceiro tópico fala-nos sobre as **ferramentas**, englobando: **Material utilizado:** impressora 3D com filamento para impressão e spray tipo laca para aplicar na base de

impressão, para o modelo não ficar colado à base; **Portabilidade:** tem boa portabilidade porque o material é leve e as dimensões do modelo são à escala 1:200.

Para finalizar, o último tópico deste modelo tridimensional de impressão 3D, abrange os **resultados**, sendo eles: **Semelhanças:** o volume do modelo é idêntico ao projeto a construir, contudo, não tem grande detalhe à escala 1:200. Não foi possível imprimir as escadas porque àquela escala eram demasiado pequenas e impressora iria ter dificuldades em detalhar a escada; **Facilidade de execução:** são necessários conhecimentos avançados de modelação e de impressão 3D. A vantagem da impressora 3D, é que depois de termos o modelo finalizado, basta apenas fazer um scale na plataforma de impressão e mandar imprimir. A Impressão do modelo foi dividida em três fases para facilitar a impressão e aumentar a produtividade do projeto; **Representação do pretendido:** esta ferramenta representa o pretendido com um volume simples, de cor única e um ótimo acabamento. Contudo, por consequência da escala 1:200 não foi possível imprimir as escadas como podemos verificar na figura 66; **Prazer em executar:** é prazeroso ver o modelo tridimensional a ser impresso, depois de todo o trabalho a modelá-lo digitalmente.

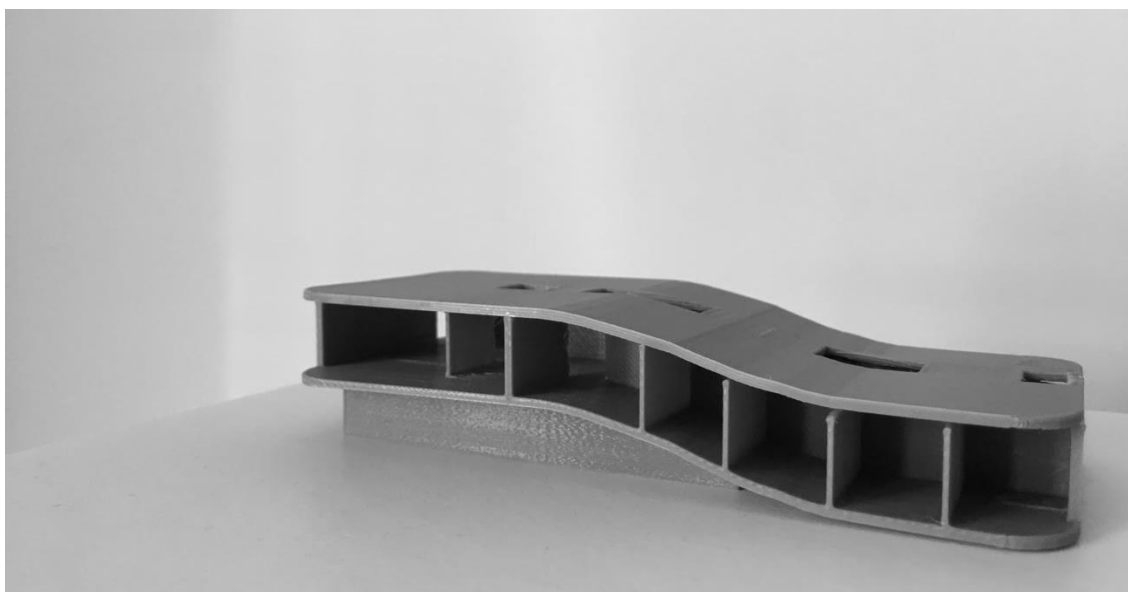


Figura 66 – Modelo tridimensional impresso em 3D, executado pelo autor, tendo como base o projeto da Casa Cascais de Eduardo Souto de Moura. Impressão executada no LABTEC da Universidade Lusófona de Humanidades e Tecnologias de Lisboa

Como podemos verificar na figura 67, estão presentes os dois modelos 3D impressos com filamento. Observando as suas formas diferentes, chegamos rapidamente à conclusão que se relacionam entre si através de certas características que têm em comum. No fundo as duas são trabalho assente sobre dois paralelepípedos, onde um deles se adorna ao terreno

ganhando um movimento orgânico a fazer lembrar o estilo surrealista da arte. Como se tivesse derretido. Este instrumento digital tem como principal valência a produção de modelos analógicos palpáveis, ao contrário dos modelos produzidos no computador que não “saem do ecrã”, que não podem ser tocados. Estes modelos têm um acabamento bastante preciso, tornando-se numa maquete ótima para testes de formas e volumes, ou até impressão de detalhes do projeto a uma escala maior.

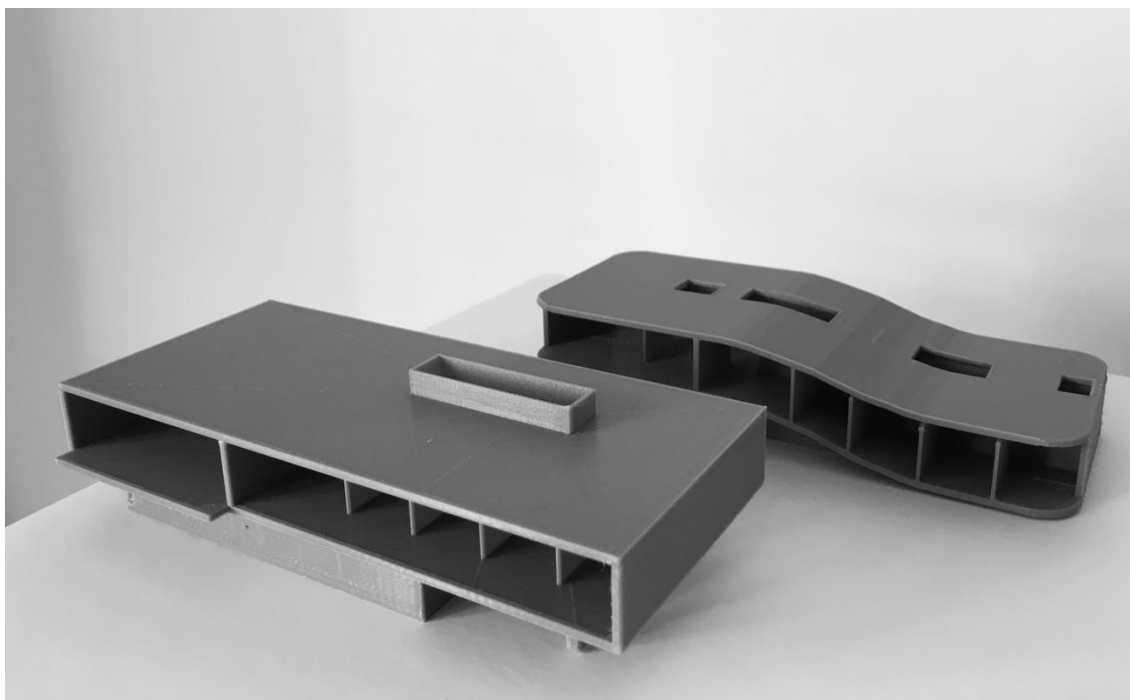


Figura 67 – Modelo tridimensional impresso em 3D, executado pelo autor, tendo como base o projeto da Casa Cascais de Eduardo Souto de Moura. Impressão executada no LABTEC da Universidade Lusófona de Humanidades e Tecnologias de Lisboa

5.3.13. Modelo Paramétrico – Grasshopper

Iniciando o estudo sobre modelos tridimensionais paramétricos, é importante referir que o mesmo serviu, não só como estudo sobre modelos tridimensionais paramétricos para a presente dissertação, mas também como formação base para o próprio autor. Tendo em conta o projeto da Casa de Cascais de Eduardo Souto de Moura, começou-se por criar no Grasshopper, os elementos geradores da forma, ou seja, são criados pontos com determinadas coordenadas, editáveis através de sliders, que por si vão criar uma curva, visto que esta plataforma trabalha com ‘NURBS’ – Non Uniform Rational Basis Spline, com o objetivo de criar a base, fazendo um move, também editável por um slider, e em seguida

aplicar um loft, criando uma superfície, retangular como podemos ver na figura 68, ou seja, o volume retangular da Casa de Cascais.

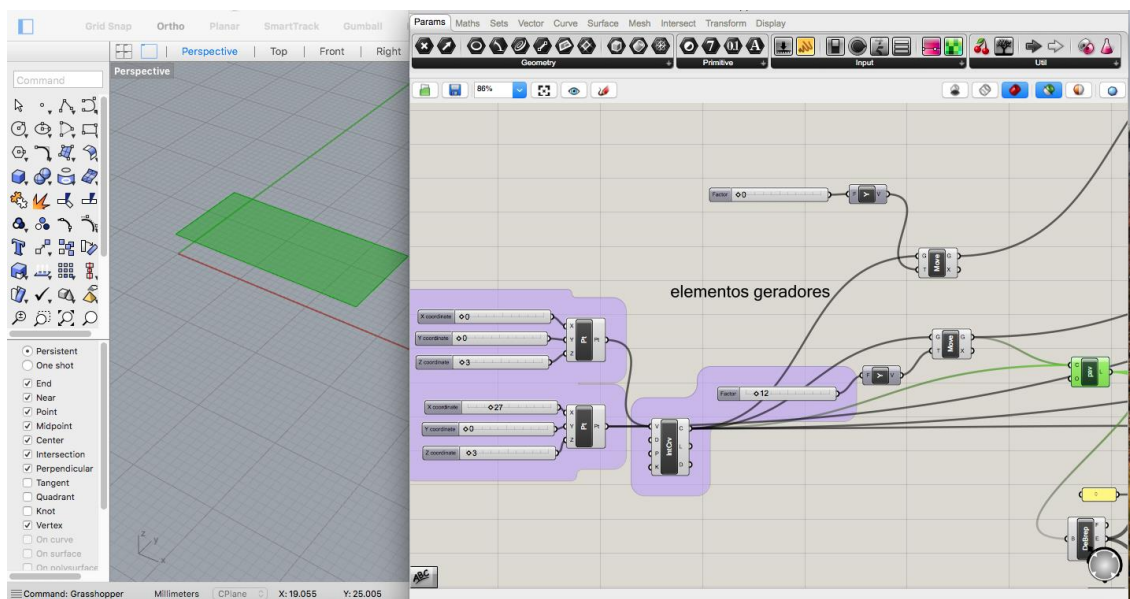


Figura 68 – Elementos geradores paramétrico, executado pelo autor, tendo como base o projeto da Casa Cascais de Eduardo Souto de Moura.

Para criar a cobertura igual à laje de pavimento, basta fazer um 'move' com um vector em 'Z' e atribuir a um 'slider' com o valor da altura como podemos verificar na figura 68. Também é visível a divisão para criar as paredes interiores do corredor e a introdução do vector em 'Z' para gerar a cota das paredes.

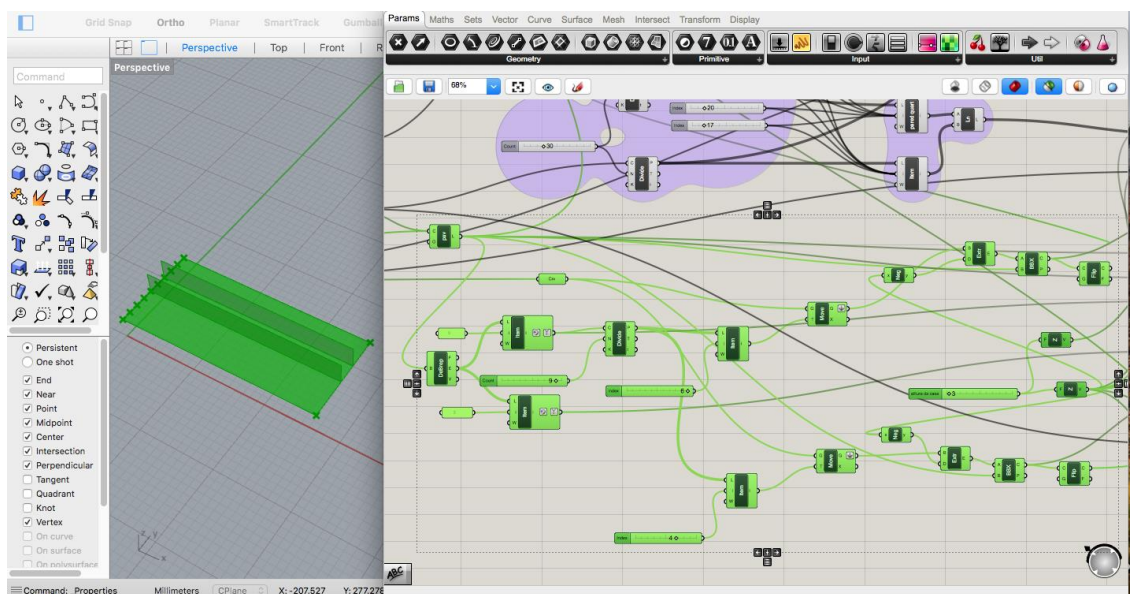


Figura 69 – Divisão do espaço e paredes do corredor, modelo paramétrico, executado pelo autor, tendo como base o projeto da Casa Cascais de Eduardo Souto de Moura.

Na figura 69, estão visíveis os comandos necessários para a divisão da geometria do retângulo de forma a criar uma quadricula paramétrica de linhas onde podemos posteriormente fazer um 'extrude' das paredes interiores, através dessas mesmas linhas. Esta mobilidade paramétrica dos modelos, através de 'sliders' é uma das grandes vantagens destas plataformas, possibilita que as mudanças no modelo do projeto sejam ainda mais fáceis.

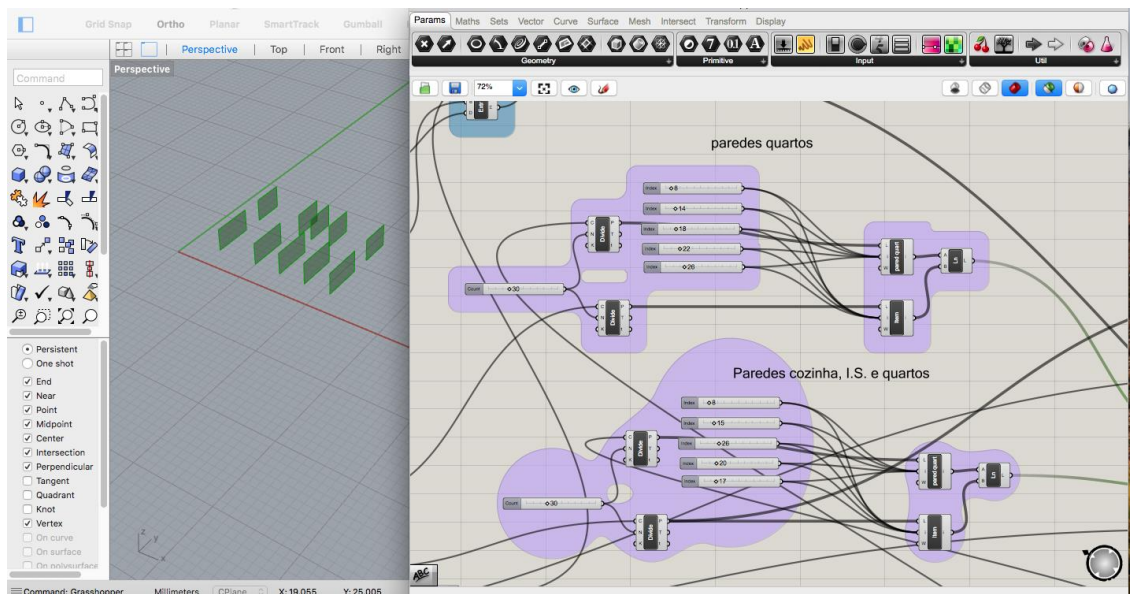


Figura 70 – Divisão do espaço e paredes dos quartos, cozinha e sala, modelo paramétrico, executado pelo autor, tendo como base o projeto da Casa Cascais de Eduardo Souto de Moura.

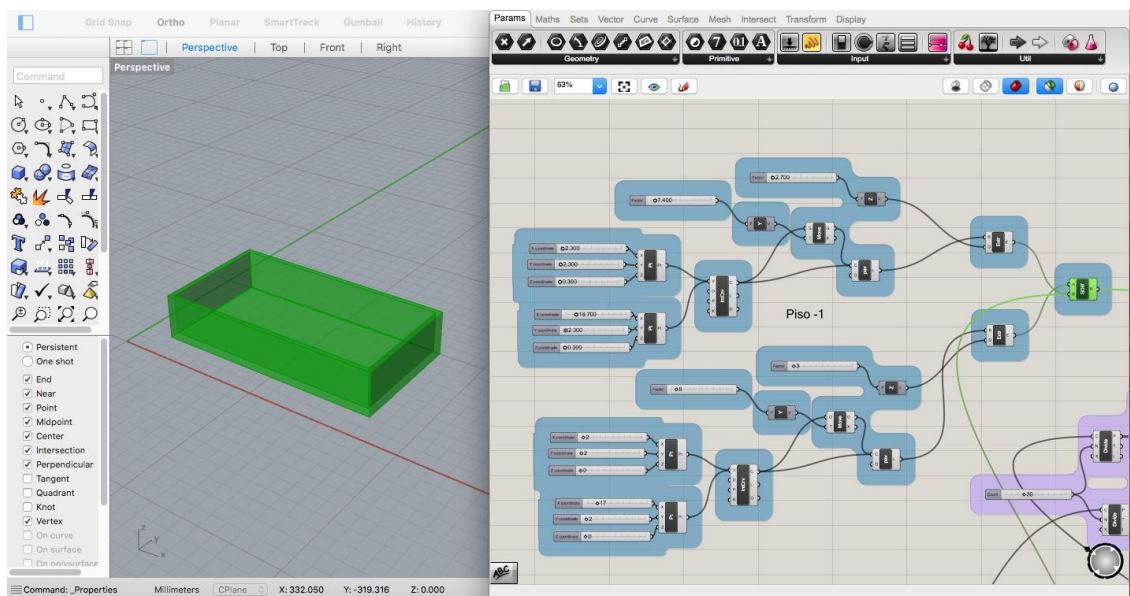


Figura 71 – Espessura das paredes, modelo paramétrico, executado pelo autor, tendo como base o projeto da Casa Cascais de Eduardo Souto de Moura.

Depois de criados todos os elementos do modelo, é necessário ligá-los a um vector extrude como podemos verificar na figura 73. Sendo o modelo um conjunto de curvas, é aplicado um vector em 'Z' com uma medida geral de 3 metros para a altura. Por fim, antes de ligar o modelo todo num só, é atribuída a espessura às paredes interiores e exteriores. Os elementos até agora, não passavam de uma superfície sem expressão.

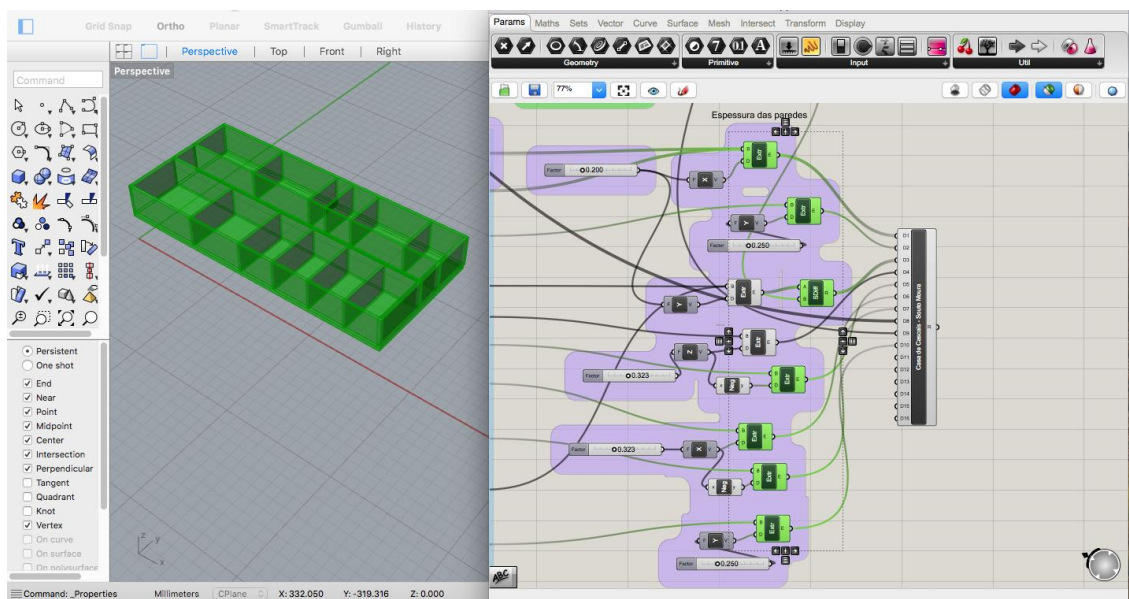


Figura 74 – Espessura das paredes, modelo paramétrico, executado pelo autor, tendo como base o projeto da Casa Cascais de Eduardo Souto de Moura.

Na figura 74, verificamos que foi aplicado um extrude para criar a espessura das paredes. Para isso foram criados vectores nos eixos 'X' e 'Y', com os respetivos 'inputs' através de 'sliders', determinando a espessura da parede no 'extrude'.

Seguindo a ordem de ideias da ficha de trabalho 13, presente no anexo 1 desta dissertação, no tópico dos **objetivos** temos: **Apresentação:** criar um modelo paramétrico 3D, na plataforma Grasshopper, que consiga mostrar as linhas gerais da Casa de Cascais do arq. Souto Moura; **Funcionalidade:** é esperado que o modelo seja funcional, ou seja, verificar espaços através das suas transparências, conseguir ver o seu interior. O modelo paramétrico deve conter parâmetros editáveis, permitindo alterações de forma simples; **Surpresa no resultado final:** verificar um modelo 3D construído através de parâmetros; **Proximidade com a analogia:** é espectável que o modelo se apresente com aspetos idênticos à sua analogia. Visualização de detalhes arquitetónicos, como lajes, paredes, vãos e cobertura.

O tópico seguinte aborda os **processos**, tais como: **Tempo**: um utilizador que domine esta plataforma paramétrica consegue executar este modelo em 2h. No entanto, como o autor teve de aprender a plataforma, foi um processo de vários dias, finalizando vários modelos, melhorando-os à medida que aprendia novos comandos e novos parâmetros. O processo demorou cerca de 48h no total, entre a aprendizagem e a execução do modelo; **Custo**: como trabalho académico não tem custos, mas para um atelier de arquitetura estas plataformas de desenho, necessitam de uma licença bastante dispendiosa. Neste caso, seria necessária a licença do Rhinoceros para obter o Grasshopper, sendo ele um plug-in do Rhino; **Complexidade**: estas plataformas são bastante complexas principalmente se o utilizador vem de plataformas modulares. O Grasshopper trabalha com parâmetros, requer um pensamento matemático; **Peças desenhadas**: não são necessários desenhos, podemos desenvolver um modelo do zero. Neste caso seguimos a Casa de Cascais de Eduardo Souto de Moura como analogia.

O terceiro tópico fala-nos sobre as **ferramentas**, englobando: **Material utilizado**: é preciso um computador com teclado e rato, com o Rhinoceros instalado e o plug-in Grasshopper; **Portabilidade**: é possível transportar este tipo de modelo através de um computador portátil, um tablet, uma pen ou papel impresso.

Para finalizar, o último tópico deste modelo tridimensional de impressão 3D, abrange os **resultados**, sendo eles: **Semelhanças**: modelo é idêntico à sua analogia. Contém parâmetros que otimizam o modelo possibilitando mudanças rápidas, ou criar mais detalhe ao modelo; **Facilidade de execução**: são necessários conhecimentos avançados paramétricos e matemáticos para criar um modelo, atribuindo a esta plataforma um grau mais elevado de dificuldade na sua utilização; **Representação do pretendido**: esta ferramenta representa o pretendido, e introduz novas possibilidades que nas plataformas modelares não é possível. **Prazer em executar**: esta plataforma não se torna prazerosa para um utilizador de plataformas modulares, embora ela se torne mais apelativa após algumas utilizações, os resultados começam a aparecer ligando-se à plataforma base, o Rhinoceros.

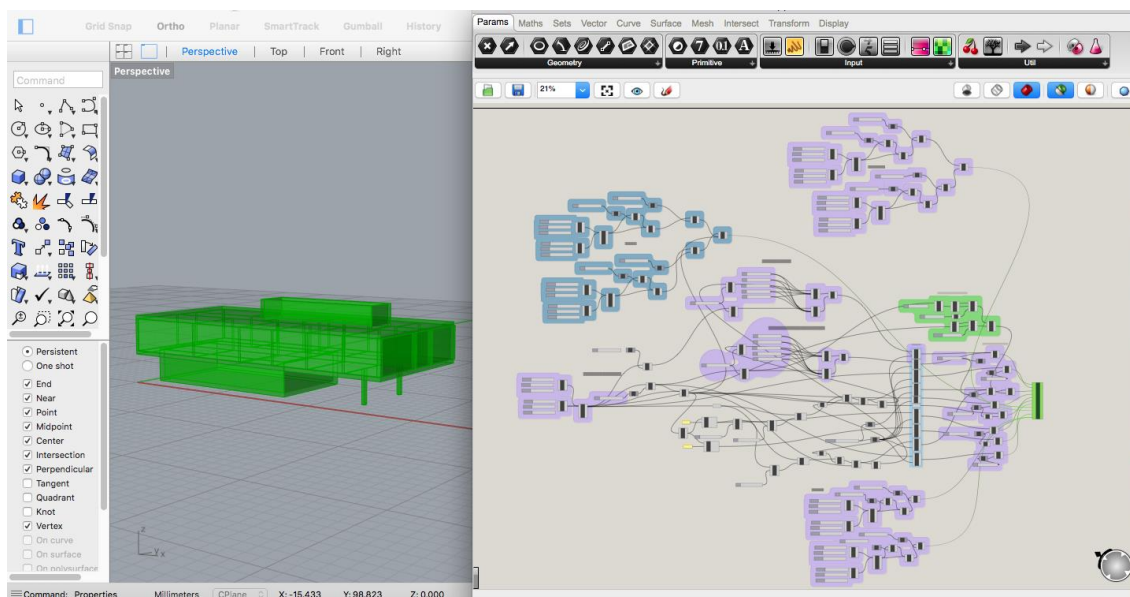


Figura 75 – Modelo paramétrico, executado pelo autor, tendo como base o projeto da Casa Cascais de Eduardo Souto de Moura.

Como podemos verificar na figura 75, para executar um modelo paramétrico como este é necessário criar uma ‘wire’ significativa. Dividida por grupos, esta rede comunica a nossa intenção ao programa, a forma que queremos desenvolver. Todos estes grupos estão interligados, nenhum deles funciona como um organismo singular.

5.3.14. Modelo Paramétrico – Grasshopper - Transformação

Começou-se por seguir a transformação criada pelo autor, baseada no projeto da Casa de Cascais de Eduardo Souto de Moura, executando-a no Grasshopper. À imagem do estudo anterior, ambos começam por criar os elementos geradores da forma, ou seja, são criados pontos com determinadas coordenadas, editáveis através de sliders, que por si vão criar uma curva, com o objetivo de criar uma base que neste caso, tem um movimento curvo. Através dessa primeira curva criada executamos um move, também editável por um slider, e em seguida aplicar um ‘loft’, criando uma superfície retangular, mas curva como podemos ver na figura 76, ou seja, o volume retangular da Casa de Cascais, mas adornado ao terreno em vez do volume vazado do projeto original. Mesmo sendo uma plataforma difícil de trabalhar numa fase inicial, é bem mais simples fazer linhas e sólidos curvos do que nas plataformas modulares. Ao criarmos um ponto, ele movimenta-se no espaço mediante os ‘sliders’ criados e as coordenadas que atribuímos.

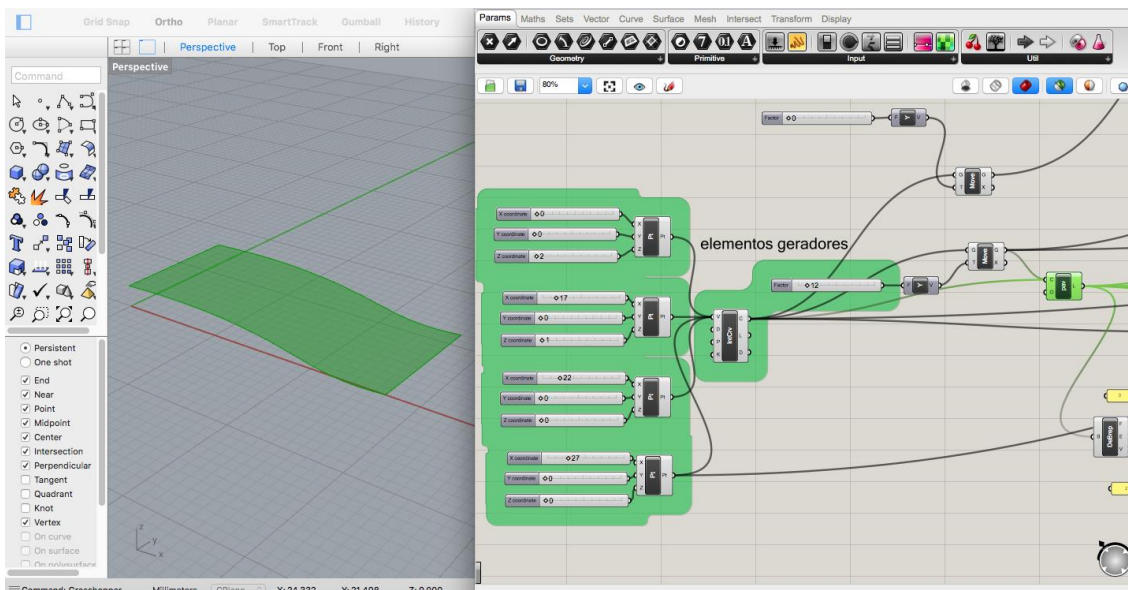


Figura 76 – Elementos geradores paramétrico de transformação, executado pelo autor, tendo como base o projeto da Casa Cascais de Eduardo Souto de Moura.

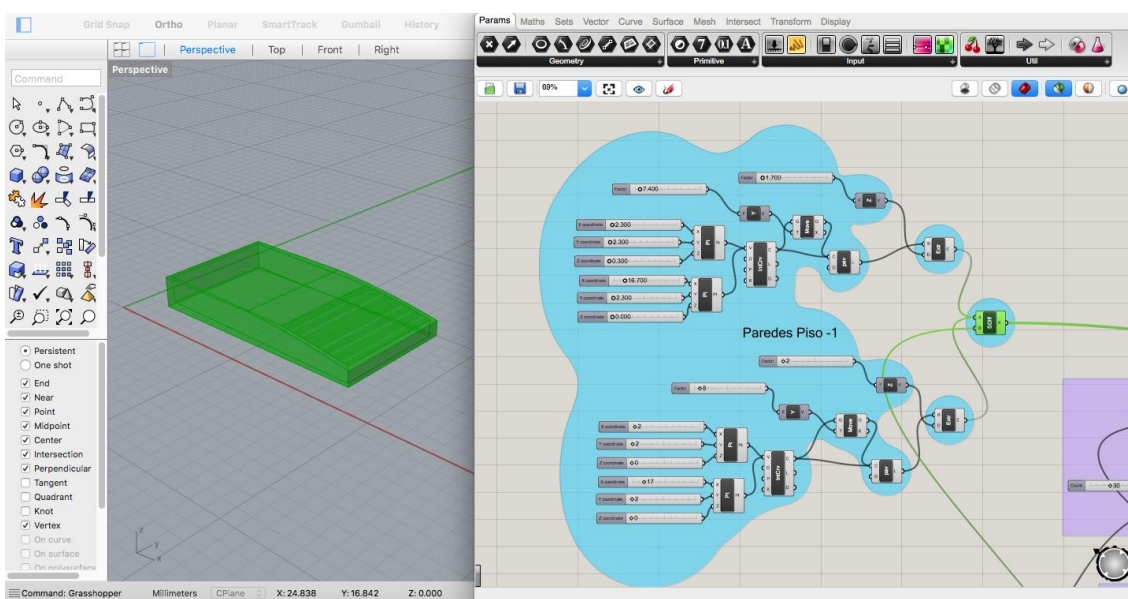


Figura 77 – Execução do piso -1 paramétrico da transformação, executado pelo autor, tendo como base o projeto da Casa Cascais de Eduardo Souto de Moura.

contêm parâmetros por forma a possibilitar a sua edição consoante a sua forma. Neste caso um dos objetivos era que a parede acompanhasse a forma curva das lajes.

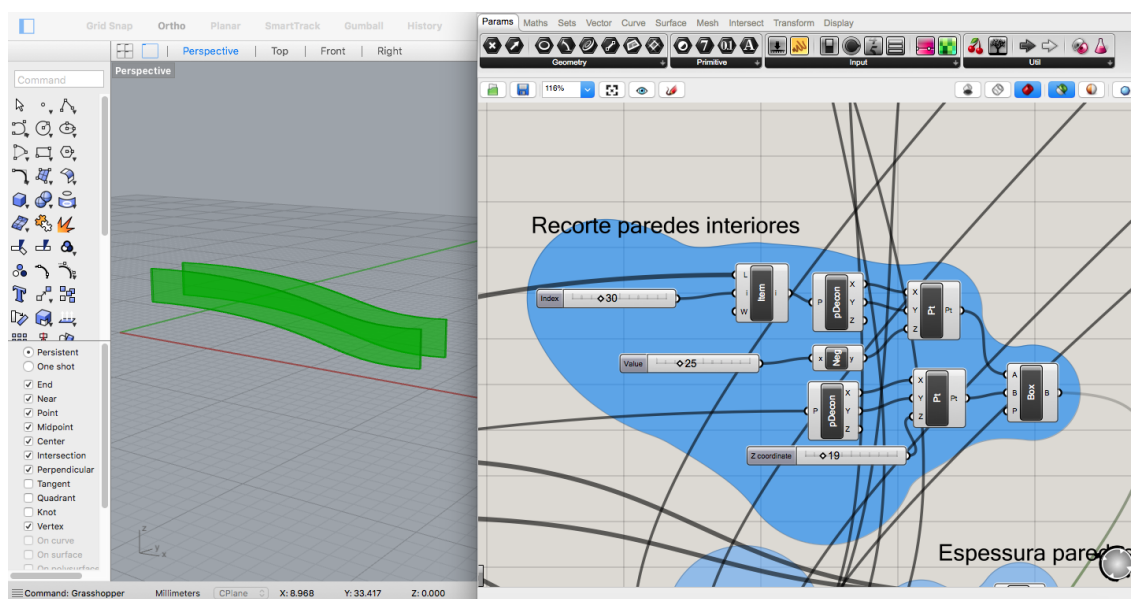


Figura 79 – Execução das paredes interiores do modelo paramétrico de transformação, executado pelo autor, tendo como base o projeto da Casa Cascais de Eduardo Souto de Moura.

Na figura 80 podemos verificar, a laje e as paredes com um 'extrude' aplicado, ou seja, todos os elementos são ligados a um parâmetro de 'extrude'. Conseguimos ter a percepção dos espaços e da forma do edifício, no entanto é necessário ter em consideração que estes elementos são apenas superfícies planas. Ainda não têm expressão, e para isso elaborou-se outro 'extrude' em cada elemento como podemos verificar na figura 82, atribuindo a espessura correta a cada elemento. É preciso ter em consideração que os 'extrudes' têm de ser aplicados consoante os eixos, ou seja, a sua direção em 'x, y e z', e o número que os define através de um 'slider'.

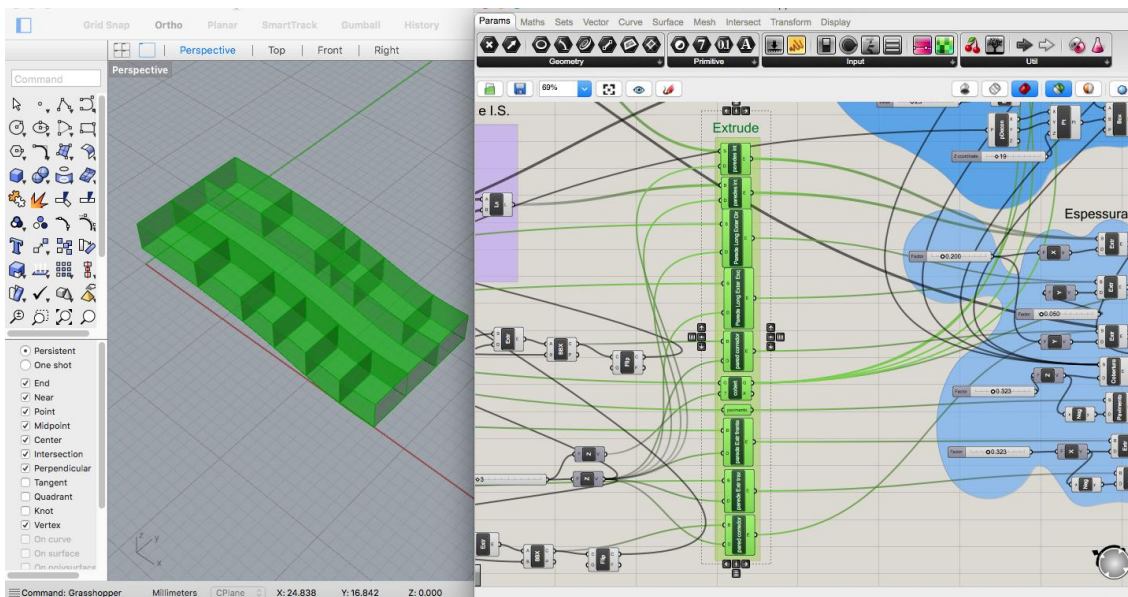


Figura 80 – Extrusão das paredes do modelo paramétrico de transformação, executado pelo autor, tendo como base o projeto da Casa Cascais de Eduardo Souto de Moura.

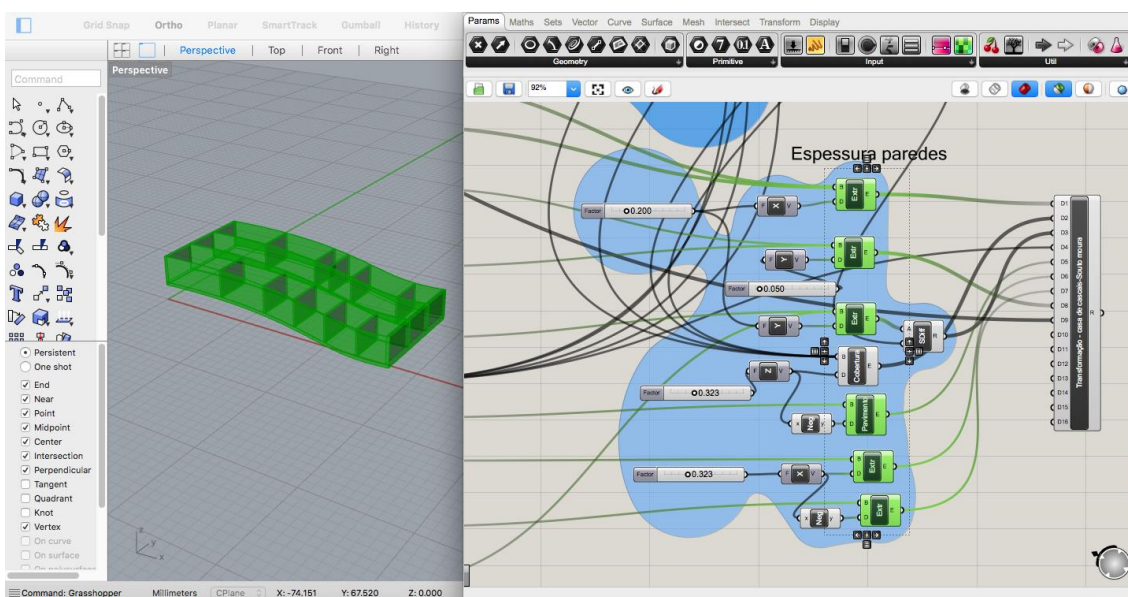


Figura 81 – Espessura das paredes e lajes do modelo paramétrico de transformação, executado pelo autor, tendo como base o projeto da Casa Cascais de Eduardo Souto de Moura.

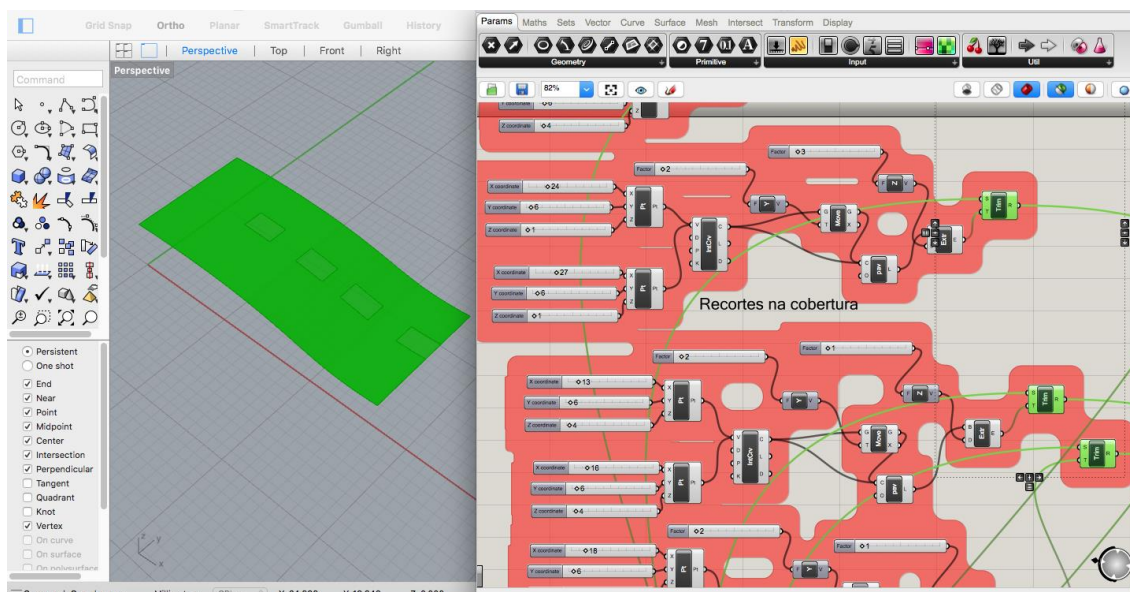


Figura 82 – Execução dos recortes na cobertura do modelo paramétrico de transformação, executado pelo autor, tendo como base o projeto da Casa Cascais de Eduardo Souto de Moura.

Como podemos verificar na figura 82, e como a transformação contém jardins interiores que acompanham o corredor central, foi necessário criar aberturas na cobertura. Para isso, elaboraram-se sólidos nas coordenadas onde se irá efetuar o corte e utilizar um parâmetro de 'solid different' ligado à cobertura de modo a criar a abertura. Neste caso foram efetuados quatro cortes na cobertura.

Seguindo a ordem de ideias da ficha de trabalho 14, presente no anexo 1 desta dissertação, no tópico dos **objetivos** temos: **Apresentação:** criar um modelo paramétrico 3D, na plataforma Grasshopper, que consiga mostrar as linhas gerais da transformação criada tendo por base a Casa de Cascais do arq. Souto Moura; **Funcionalidade:** é esperado que o modelo seja funcional, ou seja, verificar espaços através das suas transparências, conseguir ver o seu interior. O modelo paramétrico deve conter parâmetros editáveis, permitindo alterações de forma simples; **Surpresa no resultado final:** verificar um modelo 3D orgânico construído através de parâmetros. A sua natureza paramétrica possibilita relacionar os vários espaços e volumes do projeto e fazer alterações com bastante facilidade; **Proximidade com a analogia:** é espectável que o modelo se apresente com aspetos idênticos à sua analogia. Visualização de detalhes arquitetónicos, como lajes, paredes, vãos e cobertura.

O tópico seguinte aborda os **processos**, tais como: **Tempo:** um utilizador que domine esta plataforma paramétrica consegue executar este modelo em 2h. No entanto, como o autor teve de aprender a plataforma, foi um processo de vários dias, finalizando vários modelos,

melhorando-os à medida que aprendia novos comandos e novos parâmetros. O processo demorou cerca de 48h no total, entre a aprendizagem e a execução do modelo; **Custo:** como trabalho académico não tem custos, mas para um atelier de arquitetura estas plataformas de desenho, necessitam de uma licença bastante dispendiosa. Neste caso, seria necessária a licença do Rhinoceros para obter o Grasshopper, sendo ele um plug-in do Rhino; **Complexidade:** estas plataformas são bastante complexas principalmente se o utilizador vem de plataformas modulares. O Grasshopper trabalha com parâmetros, requer um pensamento matemático. As formas orgânicas atribuem mais complexidade aos parâmetros do modelo durante sua execução, embora o modelo se torne mais dinâmico e intuitivo na utilização depois de finalizado; **Peças desenhadas:** não são necessários desenhos, podemos desenvolver um modelo do zero. Neste caso seguimos a Casa de Cascais de Eduardo Souto de Moura como analogia para esta transformação.

O terceiro tópico fala-nos sobre as **ferramentas**, englobando: **Material utilizado:** é preciso um computador com teclado e rato, com o Rhinoceros instalado e o plug-in Grasshopper; **Portabilidade:** é possível transportar este tipo de modelo através de um computador portátil, um tablet, uma pen ou papel impresso.

Para finalizar, o último tópico deste modelo tridimensional de impressão 3D, abrange os **resultados**, sendo eles: **Semelhanças:** modelo é idêntico à sua analogia. Contém parâmetros que otimizam o modelo possibilitando mudanças rápidas, ou criar mais detalhe ao modelo; **Facilidade de execução:** são necessários conhecimentos avançados paramétricos e matemáticos para criar um modelo, atribuindo a esta plataforma um grau mais elevado de dificuldade na sua utilização, no entanto, as formas orgânicas são mais fáceis de criar através de parâmetros que através de modelação. Tendo em conta que esta plataforma trabalha com 'NURBS', as curvas são mais naturais e conseguem ser mais perfeitas do que em plataformas modelares como o Autocad; **Representação do pretendido:** esta ferramenta representa o pretendido, e introduz novas possibilidades que nas plataformas modelares não é possível; **Prazer em executar:** esta plataforma não se torna prazerosa para um utilizador de plataformas modulares, embora ela se torne mais apelativa após algumas utilizações, os resultados começam a aparecer e ligando-se à plataforma base, o Rhinoceros.

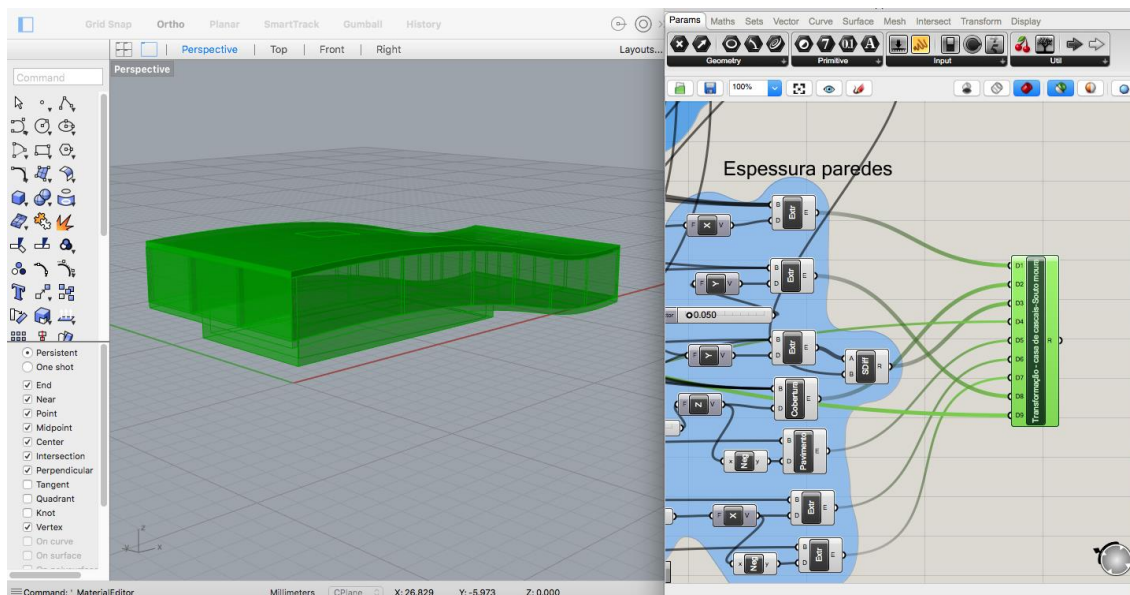


Figura 83 – Modelo paramétrico de transformação, executado pelo autor, tendo como base o projeto da Casa Cascais de Eduardo Souto de Moura.

Em suma, as plataformas paramétricas são bastante eficientes, e possibilitam a realização de todos os tipos de formas na produção de espaços arquitetônicos, contudo, não é uma plataforma intuitiva. São necessários conhecimentos avançados de modelação paramétrica, conhecimentos matemáticos e geométricos. Como podemos verificar na figura 83, todos os 'wires' vão ligar a um parâmetro final que liga toda a forma, parecendo um processo simples, no entanto, durante todo este processo de conceção, esta rede de parâmetros seja bastante extensa e complexa.

PARTE VI – RESULTADOS E DISCUSSÃO



Figura 84 – Box em k-line executada pelo autor para guardar as maquetas do estudo.

6.1. CONCLUSÕES

O presente estudo sobre a manualidade na arquitectura através de ferramentas conceptuais da geração de modelos tridimensionais, ou seja, instrumentos operativos analógicos e instrumentos operativos digitais permitiu-nos entender ser necessário utilizar alguns instrumentos operativos. Para isso, além do levantamento bibliográfico relativo aos casos de estudo abordados, na elaboração da presente dissertação, foram efectuadas fichas de trabalho, seguindo quatro pontos essenciais: objetivos, processos, ferramentas e por fim os resultados. Elaborado o estudo da presente dissertação com base nos modelos executados, seguindo a morfologia da Casa de Cascais do Arq^o Eduardo Souto de Moura, é pertinente afirmar que todas as maquetas ou modelos tridimensionais digitais conseguiram representar a sua analogia.

Alguns modelos resultaram em artefactos mais simples e conceptuais, outros em elementos mais detalhados, mas no cômputo geral, todos os modelos cumpriram na sua função de representação da Casa de Cascais permitindo uma reflexão acerca dos metodos de produção/transformação. As figuras 39, 40, 43, 45, 46, 47, 50, 51, 53, 54, 60, 66, 75 e 83 ou seja, as maquetas finais de cada estudo, comprovam esta ideia.

O objetivo passava não só por conseguir representar a analogia em diferentes materiais e plataformas de modelação, mas também compreender a sua transformação do projeto da Casa de Cascais, permitindo comparar os dois modelos entre si, dentro dos parâmetros da ficha de trabalho. Se verificarmos por exemplo a figura 41, referente ao estudo dos modelos Lego, conseguimos perceber que mesmo as formas sendo diferentes, as relações que tiramos do processo podem ser iguais em alguns aspetos morfológicos.

Dentro dos instrumentos operativos analógicos, ou seja, as maquetes, chegamos à conclusão de que os modelos Lego, figuras 37, 39, 40 e 41, possibilitam uma forma bastante intuitiva e rápida, na geração de formas conceptuais, contudo, estão limitados às peças standard. Em relação aos modelos em massa modular, figuras 42, 43, 44 e 45, também são mais talhados para a criação de formas conceptuais, no entanto, quando executamos um modelo mais detalhado, a dificuldade de execução aumenta, tornando-se quase um trabalho de escultura. O autor através desta experimentação, não foi além das formas conceptuais, tendo em conta a falta de aptidão para este tipo de trabalho. Já nos modelos, em k-line, figuras 46, 47 e 48, é visível um melhor acabamento, este material é utilizado em maquetes de apresentação final, para mostrar aos clientes. É um material que possibilita fazer mudanças rápidas. Destes três materiais e segundo o estudo elaborado, é o que tem mais valências.

Por outro lado, nos instrumentos operativos digitais, chegamos logo à conclusão de que todas as plataformas não são intuitivas quando comparadas com uma maquete. São necessários conhecimentos da plataforma para conseguir modelar. Como por exemplo, os modelos executados na plataforma CAD, figuras 49, 50 e 51, podemos verificar que em termos de modelagem torna-se mais difícil por necessitar de conhecimentos para trabalhar com a plataforma, e quanto mais orgânica é a forma do projeto, mais difícil se torna, tendo em conta os comandos necessários para criar o modelo. Já nas plataformas BIM – ‘Building Information Modeling’, neste caso o REVIT, figuras 52, 53, 54 e 55, o processo passa um pouco pela criação de elementos standard geradores de forma, com informações intrínsecas, ou seja, na plataforma podemos fazer modelagem de massas, podemos criar lajes, paredes e coberturas e depois editar. Não existe uma ideia de desenho, mas sim de construção, porque a própria forma dos elementos através das suas características, geram automaticamente, desenhos em todas as vistas da plataforma. Facilidade em gerar volumes a três dimensões: ao mesmo tempo que se desenha um objeto pré-definido como uma parede, a mesma aparece a três dimensões. Rapidez nas alterações e opções de desenho: para alterar as propriedades de paredes, aplicar materiais e outras características intrínsecas, basta ir às opções do objeto e editar. Rapidez na “visualização”: grande facilidade em criar

renderes do projeto. Ainda nos instrumentos operativos digitais, optou-se por abordar os modelos paramétricos através do Plug-in do Rhinoceros, o Grasshopper. Presentes desde a figura 68 até à 83. Este processo para além de ser um estudo para a presente dissertação, serviu como formação para o autor, concluindo o mesmo, que esta plataforma é bastante complexa, não é tão intuitiva como uma plataforma modular, no entanto, é uma plataforma cheia de potencialidades, pois consegue criar todo o tipo de formas, desde as mais complexas às mais simples. A sua lógica paramétrica aliada à geometria e matemática, proporcionam experimentações impossíveis em plataformas modulares. Ao contrário das plataformas modulares que criam formas através do desenho ou adição de formas, as plataformas paramétricas dialogam com a adição de parâmetros, esses parâmetros é que vão criar pontos, linhas, superfícies ou sólidos. Os parâmetros determinam a posição de um ponto no espaço, determinam a ligação entre vários pontos que criam uma linha, ou até a criação de um sólido. No entanto, a maior potencialidade de um modelo paramétrico, é a sua “agilidade orgânica”. Por exemplo, depois de criados todos os parâmetros do projeto, é possível inverter a forma de um objeto no seu todo, ou seja, com apenas o deslizar de um ‘slider’ a curvatura de uma laje pode ser alterada para uma forma totalmente diferente, mas a sua geometria não “explode”, como acontece na maioria das plataformas modulares, ao invés as paredes e a cobertura acompanham o movimento da laje, ficando uma forma homogênea.

Tendo em conta o desenvolvimento dos modelos tridimensionais virtuais, foi abordada também a impressão de modelos 3D, como ferramenta do presente e do futuro, sendo o estudo executado no LABTEC da universidade Lusófona de Humanidades e tecnologias, em que procurou-se entender o funcionamento e mais valias deste instrumento operativo, servindo também de formação para o autor. Apesar desta ferramenta ser apenas um intermediário entre o modelo já criado em plataformas digitais e o mundo do analógico palpável, é sem dúvida um progresso entre os modelos existentes. Entre a figura 56 à figura 67, podemos verificar como foi todo o processo de pré-impressão e impressão dos modelos 3D. Concluindo que esta ferramenta garante liberdade ao seu utilizador enquanto imprime, ou seja, durante a modelagem de uma maquete, o arquiteto necessita de estar em todos os passos do seu desenvolvimento, enquanto que durante a impressão do modelo 3D, ele poderá continuar a desenvolver mais trabalho. Esta valência é uma mais valia para qualquer atelier. Em relação ao acabamento, as impressoras conseguem garantir um acabamento perfeito através da impressão com filamento, em relação a outros materiais. Os modelos de impressão 3D poderão situar-se entre estes dois sistemas operacionais modulares pois por um lado, tem a parte digital da modulação, que poderá ser final dependendo do detalhe, podendo no entanto, depois de impresso o modelo é totalmente analógico, ser cortado e alterado.

Por fim, como podemos verificar através do estudo realizado e através da figura 85, a geração de todos estes modelos tridimensionais, poderá ser realizada de diferentes formas, diferentes materiais e em diferentes plataformas, no entanto, o objetivo entre todas elas é igual, representar a ideia de um arquiteto através da sua materialidade a uma escala menor ou através de modelos virtuais. Embora a representação seja importante, é o seu processo de manualidade e os instrumentos utilizados que suscitam o interesse deste estudo. Enquanto os instrumentos operativos analógicos, possibilitam um contacto direto e pessoal com os materiais, os instrumentos operativos digitais tem um contato mais indireto e impessoal. Por exemplo, se dobrarmos uma folha, a velocidade de representação de um modelo tridimensional é instantânea, enquanto que no computador teríamos de criar uma forma através de vários comandos complexos, ou seja, os instrumentos operativos digitais, tem imensas potencialidades, mas ainda não conseguem ter uma velocidade criativa igual ao pensamento humano, ao *Pensar com as mãos* de Alberto Campo Baeza (2013). O Homem terá de criar ferramentas digitais que potenciem a conceção da forma material, igual ao pensamento humano, só assim, é que os modelos tridimensionais digitais atingiriam a manualidade, a imposição e o controlo pessoal entre o criador e a máquina.

Em suma, concluí-se que a “reflexão com as mãos” é potenciadora de uma melhor performance criativa no processo conceptual da arquitetura, por simplesmente possibilitar um contacto direto e pessoal com os materiais. A manualidade desse processo implica um olhar atento e uma maior experiência sensorial táctil do que na execução de um modelo em plataformas digitais, reafirmando as ideias defendidas por Nuno Mateus (2013). Por outro lado, e sendo a maquete um instrumento limitado à conceção, verificou-se que os modelos tridimensionais digitais são muito mais que estudos de conceção. As novas tecnologias na sua base evolutiva vão integrando cada vez mais especialidades, e as suas ferramentas vão melhorando a performance dos processos, aumentando a velocidade de produção, como por exemplo os modelos ‘BIM’ e o design de integração defendido por Branko Kolarevic (2009). No entanto, as plataformas de modelação necessitam de horas de formação e prática, enquanto as maquetes são produzidas no momento, sem a introdução de comandos, utilizando apenas, o raciocínio e a manualidade. Estes dois tipos de ferramentas operativas (analógicas e digitais) devem então, seguir um sistema de design integrativo, ao invés de uma separação de especialidades (maquete / modelo digital), como se verifica na maioria dos ateliers. Assim a conceção e as especialidades eram desenvolvidas em conjunto, gerando um modelo integrativo, físico e digital, possibilitando alterações em tempo real em ambos os modelos.

6.2. LIMITAÇÕES

6.2.1- Instrumentos Analógicos

Tendo em conta o presente estudo, as limitações encontradas nos instrumentos analógicos são as seguintes: **Conceção - esboço e maquete:** esta fase está limitada a formas simples, desenhadas e recortadas através dos esboços e maquetas, no entanto, não existe um grande detalhe, é meramente um estudo conceptual de projeto; **Maquete em Lego:** limitada às formas standard da Lego, não consegue reproduzir detalhes, no entanto, se forem utilizadas peças para dar um melhor acabamento à maquete, é possível executar maquetas de estudo interessantes. As peças são caras e algumas têm de ser encomendadas através da internet. Não podem ser utilizadas como maquetas finais de projeto; **Maquete em Massa Modular:** necessita de grande destreza para a sua execução, melhor em formas orgânicas que em formas ortogonais, em maquetas com detalhe, torna-se um trabalho bastante demorado. Na sua manualidade e pela inexperiência com este material, o autor sentiu limitações na modelagem dos modelos em massa modular. É necessário modelar o mais rápido possível com a aplicação de água pontualmente, por forma a concluir o modelo antes que a massa solidifique. Dependendo da escala poderá tornar-se um material dispendioso; **Maquete em K-line:** como é preciso desenhar todas as peças e cortá-las torna-se um trabalho demorado e minucioso. Em maquetas de grandes dimensões torna-se um material dispendioso, em maquetas com uma escala mais pequena o preço é acessível. Mais difícil de trabalhar com formas curvas.

6.2.2 Instrumentos Digitais

Tendo em conta o presente estudo, as limitações encontradas nos instrumentos digitais são as seguintes: **Modelo em CAD:** o preço das licenças da plataforma para empresas é bastante elevado, como se trata de um estudo académico, as plataformas são disponibilizadas gratuitamente. São necessários conhecimentos avançados para trabalhar nas plataformas. A construção de um modelo tridimensional digital é demorada, quando se tem de seguir um desenho 2D já existente. Nas formas orgânicas o grau de dificuldade aumenta no tipo de comandos utilizado. São modelos demorados na sua produção. Os modelos não são palpáveis, apenas são visuais. Estes modelos dependem de hardware e software para a sua realização; **Modelo em REVIT:** o preço das licenças da plataforma para empresas é bastante elevado, como se trata de um estudo académico, as plataformas são disponibilizadas gratuitamente. São necessários conhecimentos avançados para trabalhar

nas plataformas. A construção de um modelo tridimensional digital é demorada, quando se tem de seguir um desenho 2D já existente. Nas formas orgânicas o grau de dificuldade aumenta no tipo de comandos utilizado. São modelos demorados na sua produção. Os modelos não são palpáveis, apenas são visuais. Estes modelos dependem de hardware e software para a sua realização; **Modelo Impressão 3D:** A impressão é demorada. O custo dos modelos impressos não é acessível e quanto maior é o modelo, mais caro é; **Modelo Paramétrico:** são necessários conhecimentos avançados informáticos e também matemáticos para trabalhar nestas plataformas. A construção de um modelo paramétrico é muito complexa, não existe um pensamento de construção de forma, mas sim, de criação de parâmetros que determinam aquela forma. Nas formas orgânicas o grau de dificuldade aumenta no tipo de parâmetros utilizados, a “rede paramétrica” vai ficando cada vez maior e mais complexa à medida que os parâmetros vão sendo adicionados. São modelos demorados na sua produção. Os modelos não são palpáveis, apenas são visuais. Estes modelos dependem de hardware e software para a sua realização.

6.3. TRABALHO FUTURO

Tendo em consideração o estudo realizado, podemos entender a importância que os modelos tridimensionais tem no mundo da arquitetura, para além de ser uma ferramenta imprescindível, em todas as fases de projeto, a mesma foi-se adaptando às novas tecnologias, avançando nas plataformas digitais e posteriormente trazendo a possibilidade da impressão de modelos digitais, para modelos 3D palpáveis, deixando de ser apenas visíveis através do computador. Este estudo também compara através da experiência empírica do autor na execução de vários modelos, desde modelos analógicos aos digitais, tendo nos permitido ficar a entender os pontos do estudo, sendo eles: os objetivos, os processos, as ferramentas e por fim os resultados. Como contributo futuro, são apontadas questões como o tempo, os custos, a complexidade, entre outros, apontados como da máxima importância para a arquitetura de hoje e do futuro. Os ateliers de arquitetura, procuram encurtar os tempos de produção, assim como os custos, com intuito de melhorar os resultados e produzir mais em menos tempo. Este estudo mostra os prós e os contras de cada material e de cada plataforma. Assim podemos entender por meio de comparação, como funcionam os vários materiais e as respostas que os mesmos podem dar na execução de um projeto. Pode-se entender este estudo como uma abordagem à conceção de uma maquete ou modelo arquitetónico do ponto de vista conceptual, ou seja, das potencialidades que podemos retirar do “pensar com as mãos” em arquitetura, em detrimento da procura da forma e das transformações que dela surgem. Em suma, esta área da conceção de modelos tridimensionais é bastante vasta, e está sempre em constante mutação, contudo, é importante perceber em que ponto está o desenvolvimento e

a criatividade modelar, para podermos inovar criando novas ferramentas ou apenas melhorar as já existentes, desenvolvendo ainda mais a arquitetura, adaptando-a às necessidades do Homem. Como por exemplo, na criação de um novo uso da manualidade arquitetónica, produzindo novas ferramentas pensadas para as pessoas com mobilidade reduzida conseguirem através da fala ou até do seu próprio pensamento, transmitir para um computador as suas ideias na construção de modelos tridimensionais, onde seriam facilmente desenvolvidos, alterados, finalizados e impressos tridimensionalmente. Ou por outro lado, uma ferramenta própria para arquitetos desenvolverem e gerarem modelos tridimensionais apenas com o movimento das mãos, criando formas através do movimento de uma caneta no ar, seguindo a ideia do SketchPad de 1963 de Ivan Sunderland, evoluindo ainda mais a ideia dos atuais Ipad's. Este uso e controlo da manualidade potenciando as estratégias de aplicação ou uso de ferramentas digitais de projeto na arquitetura, é um dos fatores que irá desenvolver ainda mais a conceção da forma dos modelos tridimensionais do futuro, ou seja, tendo em conta o trabalho desenvolvido por Frank Gehry com a plataforma C.A.T.I.A. nos seus estudos, sabemos que o futuro dos modelos tridimensionais caminhará ainda mais para uma simbiose entre a manualidade e o computador, mas como será? Ainda não sabemos..., mas uma certeza existe, a geração de modelos tridimensionais na sua forma mais pura, da manualidade e materialidade, permanecerá sempre como ferramenta essencial de desenvolvimento e estudo da arquitetura.

BIBLIOGRAFIA ESPECIFICA

Baeza, A. C. (2011), *A ideia Construída*, 4ª Edição, Portugal: Caleidoscópio

Baeza, A. C. (2013), *Pensar com as Mãos*, 2ª Edição, Portugal: Caleidoscópio

Blanco, M., Alonso, D., Barreiro, S. (2016), *El Arquitecto, de la tradición al siglo XXI*, Espanha: Universidad de Alcalá

Borie, A., Micheloni, P., Pinon, P. (2006), *Forme et Déformation des objets architecturaux et urbains*, Marseille: Éditions Parenthèses

Brawne, M. (2003), *Architectural Thought: The Design Process and the expectant eye*, Great Britain: Architectural Press

Cannatà, M. & Fernandes, F. (2007) *Estádio Municipal de Braga, Eduardo Souto de Moura*, 1.ª ed, Porto: Civilização Editora

Gale, A., Gowan, J., Honey, S., Russell, F. (1986), *Mies Van der Rohe - European Works – Architectural Monographs 11*, Academy Editions, New York: St. Martin's Press

Garcia, J. M., Neto, P. L. (2002), *Autocad 2002*, 2.ª edição, Lisboa: FCA editora de informática

Jabi, W. (2013), *Parametric Design for Architecture*, London: Laurence King Publishing Ltd

Meiss, P. V. (2002), *Elements of Architecture - From form to place*, London: Spon Press

Montaner, J. M. (1987-89), *As formas do século XX*, Portugal: Editorial Gustavo Gili SA

Neves, J. M. (2007), *Arquitecturas, Programa, Conceito, Matéria*, Portugal: Caleidoscópio

Kolarevic, B. (2003), *Architecture in the Information Age, Design and Manufacturing*, New York: Spon Press

Kolarevic, B., R. Klinger, K., (2008) *Manufacturing Material Effects, Rethinking Design and Making in Architecture*, New York: Routledge, Taylor & Francis Group

Schmitt, G. (1999), *Information architecture: basis of CAAD and its future*, Switzerland: Birkhauser,

Weisberg, D. E. (2008), *The engineering design revolution - CAD history*

Consultado em:

<http://images.designworldonline.com.s3.amazonaws.com/CADhistory/85739614-The-Engineering-Design-Revolution-CAD-History.pdf>

Zampi, G., Morgan, C. L. (1995), *Virtual Architecture*, New York: McGraw-Hill

BIBLIOGRAFIA GERAL

Alberti, L. B. (1986), *The Ten Books on Architecture*. New York: Dover Publications

Benevolo, L. (1998), *História da arquitectura moderna*. 3ª edição. Brasil: Editora perspectiva

Frampton, K. (1997), *História crítica da arquitectura moderna*. Brasil: Editora Martins Fontes

Janson, H. W. (1989), *História da Arte*. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian

Maciel, M. Justino (2006), *Vitrúvio, Tratado de Arquitectura*. Lisboa: IST Press

Petit, J. (1970), *Le Courbusier*, Lausanne: Editions Rencontre

Pizzi, E. (1991), *Mario Botta*, Barcelona: Editorial Gustavo Gili S.A.

Zevi, B. (1979), *Uma Definição de Arquitectura*, Lisboa: Edições 70

Zevi, B. (1997), *Linguagem Moderna da arquitectura, Guia ao Código Anticlássico*, Lisboa: Edições 70

Zevi, B. (1996), *Saber Ver a Arquitectura*, São Paulo: Editora Parma Ltda

Zumthor, P. (2006), *Thinking Architecture*, 2.ªed, Basel: Birkhauser

Zumthor, P. (2006), *Peter Zumthor Atmosferas*, Barcelona: Editorial

FILMES

Falck, A. (Diretor), & Vithner, S. M. (Produtor). (2018). *Lego House. The Home of the Brick* [47min.]. United Kingdom: Netflix

MIT. & WGBH. (1963). *MIT. Science Reporter*. Boston: MIT (Instituto de Tecnologia de Massachusetts)

consultado em: <https://www.youtube.com/watch?v=hB3jQKGrJo0>

PAPERS E ABSTRACTS

Bettencourt, D. citação de Mateus, N. (2012), *O digital e o material na tridimensionalidade da arquitectura*, ISCTE-IUL

Consultado em:

https://www.academia.edu/2205270/O_digital_e_o_material_na_tridimensionalidade_da_ArquitECTURA?auto=download

Cilento, K. citação de Schumacher, P. (2008), *Parametricism as Style – Parametricist Manifesto - 2008*

Consultado em: <https://www.archdaily.com/64581/parametricist-manifesto-patrik-schumacher>

Quirk, V. citação de Bergin, M. S. (2011), *A Brief History of BIM*

Consultado em: <https://www.archdaily.com/302490/a-brief-history-of-bim>

Quirk, V. citação de Englebart, D. C (1962), *A Brief History of BIM*

Consultado em: <https://www.archdaily.com/302490/a-brief-history-of-bim>

Kolarevic, B. (2001), *Digital Fabrication: Manufacturing Architecture in the Information Age*, USA: University of Pennsylvania.

Consultado em: <https://cumincad.architecturez.net/system/files/pdf/81b8.content.pdf>

Kolarevic, B. (2003), *Digital Fabrication: From Digital to Material*, ACADIA, Indianapolis, Indiana: Ball State University

Consultado em <https://cumincad.architecturez.net/doc/oai-cumincadworks-id-acadia03-007>

Kolarevic, B. (2008), *Designing and Manufacturing Architecture in the digital age, USA*: University of Pennsylvania

Consultado em: http://home.fa.ulisboa.pt/~miarq4p5/2008-09/turma_a/rhino/workshop/kolarevic_DesigningManufacturingDA.pdf

Kolarevic, B. (2009), *Towards Integrative Design*, Canada: University of Calgary Faculty of Environmental Design

Consultado em: <https://cumincad.architecturez.net/system/files/pdf/ijac20097301.pdf>

Rozestraten, A. S. (2011), *Aspectos da história das maquetes e modelos tridimensionais de arquitetura no Egito Antigo*, Arqutexto 135.00, Brazil: Revista Vitruvius online

consultado em: <http://www.vitruvius.com.br/revistas/read/arqutextos/12.137/4037>

PERÍODICOS

Galiano, L. F., AV Monografias 151, (2011) *Souto de Moura 1980-2012*, Espanha: Arquitectura Viva SL

Galiano, L. F., AV Monografias 121, (2006) *SANNA Sejima & Nishizawa 1990-2007*, Espanha: Arquitectura Viva SL

Hauschild, M., Karzel, R. (2011) *DETAIL Practice. Digital Processes*, Switzerland: Birkhäuser GmbH Edition Detail

Márquez, F. & Levene, R. (2000) *El Croquis 99, SANNA Kazuyo Sejima, Ryue Nishizawa 1995-2000, Making the Boundary*, El Croquis Editorial, Espanha

Márquez, F. & Levene, R. (2004) *El Croquis 121/122, SANNA Kazuyo Sejima, Ryue Nishizawa 1998-2004, Ocean of Air*, El Croquis Editorial, Espanha

Márquez, F. & Levene, R. (2011) *El Croquis 155, SANNA Kazuyo Sejima, Ryue Nishizawa 2008-2011, Inorganic Architecture*, Espanha: El Croquis Editorial

Márquez, F. & Levene, R. (2005) *El Croquis 124, Eduardo Souto de Moura 1995-2005, Naturalness of things*, Espanha: El Croquis Editorial

Márquez, F. & Levene, R. (2009) *El Croquis 146, Souto de Moura 2005-2009, Theatres of the World*, Espanha: El Croquis Editorial

TESES E DISSERTAÇÕES

Brito, F. (2013), *Luz Natural na Conceção Arquitectónica e Projeto*, dissertação apresentada ao ECATI, departamento de arquitectura da Universidade Lusofona de Humanidades e Tecnologias de Lisboa para obtenção do grau de mestre, orientada pelo Prof. Dr. Arq. João Menezes de Sequeira.

Hergunsel, M. F. (2011), *Benefits of Building Information Modeling for Construction managers and BIM Based Scheduling*, dissertação apresentada à Worcester Polytechnic Institute, para obtenção do grau de mestre

consultada em: https://web.wpi.edu/Pubs/ETD/Available/etd-042011-135239/unrestricted/MHergunsel_Thesis_BIM.pdf

Mateus, N. (2013), *Taxonomia e Operatividade do Pensamento Arquitectónico ARX: Desenhar em Maqueta*, tese apresentada à Faculdade de Arquitectura de Lisboa para obtenção do grau de doutor

consultada em: <http://hdl.handle.net/10400.5/6945>

ANEXO 1 – FICHAS DE TRABALHO

FICHA DE TRABALHO 1

Tipo de Maquete: **Legó**

1 – **Objetivos**

- a) Apresentação - Criar um modelo 3D
- b) Funcionalidade – Funcional, rápida montagem e experimentação, tendo em conta o sistema de montagem.
- c) Surpresa no resultado final – Embora de uma forma simples, são esperadas as linhas fortes do projeto.
- d) Proximidade com a analogia – Captar as linhas fortes

2 – **Processos**

- a) Tempo – 15 minutos
- b) Custo – Caro (a pulso)
- c) Complexidade – Muito intuitivo
- d) Peças desenhadas – Não necessita

3 – **Ferramentas**

- a) Material Utilizado – Peças Legó de várias cores e tamanhos, uso das mãos
- b) Portabilidade – Leve, fácil de transportar dependendo do tamanho

4 – **Resultados**

- a) Semelhanças - É limitada à sua forma base, apresentação primária, no entanto consegue captar as linhas fortes do projeto e a sua forma geral.
- b) Facilidade de execução – Apenas é utilizada a imaginação e o pensamento com as mãos
- c) Representa o pretendido – Sim, dentro das suas limitações
- d) Prazer em executar – sim

FICHA DE TRABALHO 2

Tipo de Maquete: **Legó Transformação**

1 – **Objetivos**

- a) Apresentação - Criar um modelo 3D
- b) Funcionalidade – Funcional, rápida montagem e experimentação, tendo em conta o sistema de montagem.
- c) Surpresa no resultado final – Visualização de formas orgânicas
- d) Proximidade com a analogia – São esperadas algumas semelhanças com o projeto original

2 – **Processos**

- a) Tempo – 15 minutos
- b) Custo – Caro (a vulso)
- c) Complexidade – Muito intuitivo
- d) Peças desenhadas – Alguns esboços para auxílio

3 – **Ferramentas**

- a) Material Utilizado – Peças Legó de várias cores e tamanhos, uso das mãos
- b) Portabilidade – Leve, fácil de transportar dependendo do tamanho

4 – **Resultados**

- a) Semelhanças - É limitada à sua forma base, apresentação primária no entanto consegue captar as linhas fortes do projeto e a sua forma geral.
- b) Facilidade de execução – Apenas é utilizada a imaginação e o pensamento com as mãos, dificuldade a montar formas orgânicas
- c) Representa o pretendido – Sim, dentro das suas limitações
- d) Prazer em executar – sim

FICHA DE TRABALHO 3

Tipo de Maquete: **Massa Modular**

1 – **Objetivos**

- a) Apresentação - Criar um modelo 3D, bloco único
- b) Funcionalidade – Funcional, rápida montagem e experimentação
- c) Surpresa no resultado final – Detalhe ou não no volume 3D, linhas fortes
- d) Proximidade com a analogia – Sim

2 – **Processos**

- a) Tempo – muito tempo, depende do detalhe
- b) Custo – barato
- c) Complexidade – intuitivo, mas complexo no processo de modelagem
- d) Peças desenhadas – Não necessita

3 – **Ferramentas**

- a) Material Utilizado – Massa modelar, pinça de modelação
- b) Portabilidade – é um material pesado depois de seco

4 – **Resultados**

- a) Semelhanças – Idêntico
- b) Facilidade de execução – é muito intuitivo, mas é de difícil execução na modelação,
- c) Representa o pretendido – sim
- d) Prazer em executar – sim, mas é necessária sensibilidade artística para este tipo de modelagem.

FICHA DE TRABALHO 4

Tipo de Maquete: **Massa Modular - Transformação**

1 – **Objetivos**

- a) Apresentação - Criar um modelo 3D, bloco único
- b) Funcionalidade – Funcional, rápida montagem e experimentação
- c) Surpresa no resultado final – Detalhe ou não no volume 3D, linhas fortes
- d) Proximidade com a analogia – Sim

2 – **Processos**

- a) Tempo – muito tempo, depende do detalhe
- b) Custo – barato
- c) Complexidade – intuitivo, mas complexo no processo de modelagem
- d) Peças desenhadas – Não necessita

3 – **Ferramentas**

- a) Material Utilizado – Massa modelar, pinça de modelação
- b) Portabilidade – é um material pesado depois de seco

4 – **Resultados**

- a) Semelhanças – Idêntico
- b) Facilidade de execução – é muito intuitivo, mas é de difícil execução na modelação,
- c) Representa o pretendido – sim
- d) Prazer em executar – sim, mas é necessária sensibilidade artística para este tipo de modelagem.

FICHA DE TRABALHO 5

Tipo de Maquete: **K-Line**

1 – **Objetivos**

- a) Apresentação - Maquete numa única cor
- b) Funcionalidade – Mostrar um volume 3D do projeto muito próximo do real
- c) Surpresa no resultado final – A sua forma possibilita relacionar os vários espaços e volumes do projeto
- d) Proximidade com a analogia – Muito próxima da realidade

2 – **Processos**

- a) Tempo – 3,5 horas
- b) Custo – Caro
- c) Complexidade – Cortar todas as peças necessárias para a elaboração do projeto
- d) Peças desenhadas – Esboços, plantas, alçados e cortes

3 – **Ferramentas**

- a) Material Utilizado – K-line, plástico transparente, cola, x-ato
- b) Portabilidade – Leve, fácil de transportar dependendo do tamanho

4 – **Resultados**

- a) Semelhanças – Idênticas ao projeto
- b) Facilidade de execução – Não é difícil, mas é um trabalho minucioso e demorado
- c) Representa o pretendido – Sim
- d) Prazer em executar – sim, mas como é um trabalho demorado, poderá ser feito em várias fases

FICHA DE TRABALHO 6

Tipo de Maquete: **K-Line Transformação**

1 – **Objetivos**

- a) Apresentação - Maquete em duas cores para realçar a sua forma orgânica
- b) Funcionalidade – Mostrar um volume 3D do projeto muito próximo do real
- c) Surpresa no resultado final – A sua forma possibilita relacionar os vários espaços e volumes do projeto em específico com o terreno.
- d) Proximidade com a analogia – São esperadas algumas parecenças ao projeto, mas a transformação mudará o espaço e a forma.

2 – **Processos**

- a) Tempo – 5 horas
- b) Custo – Caro
- c) Complexidade – Cortar todas as peças necessárias para a elaboração do projeto
- d) Peças desenhadas – Esboços, plantas, alçados e cortes

3 – **Ferramentas**

- a) Material Utilizado – K-line, plástico transparente, cola, x-ato
- b) Portabilidade – Leve, fácil de transportar dependendo do tamanho

4 – **Resultados**

- a) Semelhanças – Idênticas ao projeto
- b) Facilidade de execução – Não é difícil mas é um trabalho minucioso e demorado. Com formas orgânicas torna-se mais difícil a execução do corte.
- c) Representa o pretendido – Sim
- d) Prazer em executar – sim, mas como é um trabalho demorado, poderá ser feito em várias fases

FICHA DE TRABALHO 7

Tipo de Maquete: **CAD**

1 – **Objetivos**

- a) Apresentação – Modelo 3D com detalhe
- b) Funcionalidade – Percepção dos espaços e forma
- c) Surpresa no resultado final – A sua forma possibilita relacionar os vários espaços e volumes do projeto
- d) Proximidade com a analogia – Muito próxima da realidade

2 – **Processos**

- a) Tempo – 1 dia para os desenhos técnicos, 2 horas para o modelo tridimensional
- b) Custo – Como trabalho académico não tem custos, mas para um atelier de arquitetura estas plataformas de desenho, necessitam de uma licença bastante dispendiosa.
- c) Complexidade – Desenhar linha a linha os desenhos técnicos. Desenhar formas tridimensionais no caso do modelo tridimensional.
- d) Peças desenhadas – Esboços, plantas, alçados e cortes

3 – **Ferramentas**

- a) Material Utilizado – Computador, plataforma CAD, rato, teclado, ecrã.
- b) Portabilidade – Computador portátil, pen, ou impresso em papel

4 – **Resultados**

- a) Semelhanças – Idênticas ao projeto
- b) Facilidade de execução – Não é fácil, pois são necessários conhecimentos avançados da plataforma.
- c) Representa o pretendido – Sim
- d) Prazer em executar – Facilita a ferramenta de desenho, pois apagar e desenhar de novo é bem mais rápido.

FICHA DE TRABALHO 8

Tipo de Maquete: **CAD Transformação**

1 – **Objetivos**

- a) Apresentação – Modelo 3D com detalhe
- b) Funcionalidade – Percepção dos espaços e forma
- c) Surpresa no resultado final – A sua forma possibilita relacionar os vários espaços e volumes do projeto
- d) Proximidade com a analogia – Muito próxima da realidade

2 – **Processos**

- a) Tempo – 1 dia para os desenhos técnicos, 3 horas para o modelo tridimensional
- b) Custo – Como trabalho académico não tem custos, mas para um atelier de arquitetura estas plataformas de desenho, necessitam de uma licença bastante dispendiosa.
- c) Complexidade – Desenhar linha a linha os desenhos técnicos. Desenhar formas tridimensionais no caso do modelo tridimensional. Para as linhas orgânicas são necessários comandos mais complexo.
- d) Peças desenhadas – Esboços, plantas, alçados e cortes

3 – **Ferramentas**

- a) Material Utilizado – Computador, plataforma CAD, rato, teclado, ecrã.
- b) Portabilidade – Computador portátil, pen, ou impresso em papel

4 – **Resultados**

- a) Semelhanças – Idênticas ao projeto
- b) Facilidade de execução – Não é fácil, pois são necessários conhecimentos avançados da plataforma. Para as linhas orgânicas são necessários comandos mais complexo.
- c) Representa o pretendido – Sim
- d) Prazer em executar – Facilita a ferramenta de desenho, pois apagar e desenhar de novo é bem mais rápido.

FICHA DE TRABALHO 9

Tipo de Maquete: **Revit – BIM**

1 – **Objetivos**

- a) Apresentação – Igual ao real
- b) Funcionalidade – Desenhar e “construir” ao mesmo tempo. Quando se desenha uma parede em 2D, a mesma já contém forma 3D e informações intrínsecas. BIM
- c) Surpresa no resultado final – A sua forma possibilita relacionar os vários espaços e volumes do projeto e fazer alterações com bastante facilidade.
- d) Proximidade com a analogia – Muito próxima da realidade

2 – **Processos**

- a) Tempo – Desenhos e modelo 3D com informações de construção em apenas 1 dia
- b) Custo – Como trabalho académico não tem custos, mas para um atelier de arquitetura estas plataformas de desenho, necessitam de uma licença bastante dispendiosa.
- c) Complexidade – É bastante complexo, pois é necessário desenhar com pensamento de construção.
- d) Peças desenhadas – Plantas, alçados e cortes, tudo é produzido ao mesmo tempo. Alguns esboços para auxílio.

3 – **Ferramentas**

- a) Material Utilizado – Computador, plataforma BIM, rato, teclado, ecrã.
- b) Portabilidade – Computador portátil, pen, ou impresso em papel

4 – **Resultados**

- a) Semelhanças – Idênticas ao que vai ser construído, contém informações intrínsecas.
- b) Facilidade de execução – Não é fácil, pois são necessários conhecimentos avançados da plataforma.
- c) Representa o pretendido – Sim
- d) Prazer em executar – É uma ótima maneira de desenhar e visualizar o modelo tridimensional a ganhar forma.

FICHA DE TRABALHO 10

Tipo de Maquete: **Revit – BIM – Transformação**

1 – **Objetivos**

- a) Apresentação – Igual ao real
- b) Funcionalidade – Desenhar e “construir” ao mesmo tempo. Quando se desenha uma parede em 2D, a mesma já contém forma 3D e informações intrínsecas. BIM
- c) Surpresa no resultado final – A sua forma possibilita relacionar os vários espaços e volumes do projeto e fazer alterações com bastante facilidade.
- d) Proximidade com a analogia – Muito próxima da realidade

2 – **Processos**

- a) Tempo – Desenhos e modelo 3D com informações de construção em apenas 1 dia
- b) Custo – Como trabalho académico não tem custos, mas para um atelier de arquitetura estas plataformas de desenho, necessitam de uma licença bastante dispendiosa.
- c) Complexidade – É bastante complexo, pois é necessário desenhar com pensamento de construção.
- d) Peças desenhadas – Plantas, alçados e cortes, tudo é produzido ao mesmo tempo. Alguns esboços para auxílio.

3 – **Ferramentas**

- a) Material Utilizado – Computador, plataforma BIM, rato, teclado, ecrã.
- b) Portabilidade – Computador portátil, pen, ou impresso em papel

4 – **Resultados**

- a) Semelhanças – Idênticas ao que vai ser construído, contém informações intrínsecas.
- b) Facilidade de execução – Não é fácil, pois são necessários conhecimentos avançados da plataforma.
- c) Representa o pretendido – Sim
- d) Prazer em executar – É uma ótima maneira de desenhar e visualizar o modelo tridimensional a ganhar forma.

FICHA DE TRABALHO 11

Tipo de Maquete: **Impressão 3D**

1 – **Objetivos**

- a) Apresentação – Volume uniforme com as formas reais.
- b) Funcionalidade – Mostrar volume do projeto impresso em 3D.
- c) Surpresa no resultado final – A sua forma possibilita relacionar os vários espaços e volumes do projeto e fazer alterações com bastante facilidade.
- d) Proximidade com a analogia – Muito próxima da realidade

2 – **Processos**

- a) Tempo – O modelo foi dividido em três partes para imprimir mais rápido; Piso -1 demorou 1h:20m; Piso 0 demorou 2h:10m; Cobertura demorou 1h:08m, 4h,38m no total para as 5h:49m do orçamento inicial.
- b) Custo – é o material mais dispendioso entre os materiais anteriormente testados.
- c) Complexidade – O mais difícil é modelar em plataformas digitais, neste caso foi utilizada a plataforma CAD. Na impressão existe alguma complexidade a pensar na melhor forma de imprimir o projeto. Neste caso o modelo foi repartido em 3 partes.
- d) Peças desenhadas – Modelo 3D em plataforma CAD.

3 – **Ferramentas**

- a) Material Utilizado – Impressora 3D com filamento para a impressão e spray tipo laca para o modelo não colar ao vidro
- b) Portabilidade – tem boa portabilidade porque o material é leve e as dimensões do modelo são à escala 1:200

4 – **Resultados**

- a) Semelhanças – Idêntico ao que vai ser construído, contudo não tem grande detalhe à escala 1:200. Não foi possível imprimir as escadas.
- b) Facilidade de execução – Não é fácil, pois são necessários conhecimentos avançados das plataformas de modelação e também de utilização da impressora 3D. No entanto na elaboração do modelo torna-se fácil porque a máquina faz o trabalho pedido.
- c) Representa o pretendido – Sim, e tem um ótimo acabamento.
- d) Prazer em executar – é só esperar que a impressora imprima o modelo.

FICHA DE TRABALHO 12

Tipo de Maquete: **Impressão 3D - Transformação**

1 – **Objetivos**

- a) Apresentação – Volume uniforme com as formas reais.
- b) Funcionalidade – Mostrar volume do projeto impresso em 3D.
- c) Surpresa no resultado final – A sua forma possibilita relacionar os vários espaços e volumes do projeto e fazer alterações com bastante facilidade.
- d) Proximidade com a analogia – Muito próxima da realidade

2 – **Processos**

- a) Tempo – Tempo – O modelo foi dividido em três partes para imprimir mais rápido; Piso -1 demorou 1h:20m; Piso 0 demorou 2h:18m; Cobertura demorou 1h, 4h,18m no total para as 4h:47m do orçamento inicial.
- b) Custo – é mais caro que os materiais anteriormente estudados.
- c) Complexidade – O mais difícil é modelar em plataformas digitais, neste caso foi utilizada a plataforma CAD. Na impressão existe alguma complexidade a pensar na melhor forma de imprimir o projeto.
- d) Peças desenhadas – Modelos 3D em plataforma CAD.

3 – **Ferramentas**

- a) Material Utilizado – Impressora 3D com filamento para a impressão e spray tipo laca para o modelo não colar ao vidro
- b) Portabilidade – tem boa portabilidade porque o material é leve e as dimensões do modelo são à escala 1:200

4 – **Resultados**

- a) Semelhanças – Idêntico ao que vai ser construído, contudo não tem grande detalhe à escala 1:200. Não foi possível imprimir as escadas.
- b) Facilidade de execução – Não é fácil, pois são necessários conhecimentos avançados das plataformas de modelação e também de utilização da impressora 3D. No entanto na elaboração do modelo torna-se fácil porque a máquina faz o trabalho pedido mesmo tratando-se de uma forma orgânica onde analogicamente é sempre mais difícil.
- c) Representa o pretendido – Sim, e tem um ótimo acabamento.
- d) Prazer em executar – é só esperar que a impressora imprima o modelo.

FICHA DE TRABALHO 13

Tipo de Maquete: **Modelo paramétrico - Grasshoper**

1 – Objetivos

- a) Apresentação – Volume igual ao projeto.
- b) Funcionalidade – Volume paramétrico com possibilidade de alteração mediante as necessidades do projeto.
- c) Surpresa no resultado final – A sua natureza paramétrica possibilita relacionar os vários espaços e volumes do projeto e fazer alterações com bastante facilidade.
- d) Proximidade com a analogia – Muito próxima da realidade

2 – Processos

- a) Tempo – Tendo em conta que o autor teve de aprender a trabalhar na plataforma, foi um processo de vários dias finalizando vários modelos, melhorando-os à medida que aprendia novos comandos. Um total de 48h de trabalho no total. Contudo, um modelo deste tipo pode ser desenvolvido em 2h, quando o utilizador domina a plataforma e os seus comandos.
- b) Custo – Como trabalho académico não tem custos, mas para um atelier de arquitetura estas plataformas de desenho, necessitam de uma licença bastante dispendiosa. Neste caso, seria necessária a licença do Rhinoceros para obter o Grasshoper.
- c) Complexidade – É bastante complexa, principalmente quando o seu utilizador vem de plataformas modelares. É necessário um pensamento matemático e não apenas de modelação.
- d) Peças desenhadas – Não são necessários desenhos, podemos desenvolver um modelo do zero. Neste caso seguimos uma analogia e uma transformação.

3 – Ferramentas

- a) Material Utilizado – Computador, teclado, rato, plataforma paramétrica.
- b) Portabilidade – Computador portátil, tablet, pen, ou impresso em papel.

4 – Resultados

- a) Semelhanças – Idêntico ao que vai ser construído. Contém parâmetros que otimizam o modelo possibilitando mudanças rápidas, ou criar mais detalhe ao modelo.
- b) Facilidade de execução – Não é fácil, pois são necessários conhecimentos avançados das plataformas paramétricas, neste caso o Grasshopper
- c) Representa o pretendido – Sim, e introduz novas possibilidades que nas plataformas modelares não são possíveis.
- d) Prazer em executar – Para quem está habituado a trabalhar com plataformas modulares, esta não se torna apelativa, embora após algumas utilizações, os resultados começam a aparecer e ligando-se à plataforma base, o Rhinoceros.

FICHA DE TRABALHO 14

Tipo de Maquete: **Modelo paramétrico – Grasshoper - Transformação**

1 – Objetivos

- a) Apresentação – Volume igual ao projeto.
- b) Funcionalidade – Volume paramétrico com possibilidade de alteração mediante as necessidades do projeto.
- c) Surpresa no resultado final – A sua natureza paramétrica possibilita relacionar os vários espaços e volumes do projeto e fazer alterações com bastante facilidade.
- d) Proximidade com a analogia – Muito próxima da realidade

2 – Processos

- a) Tempo – Tendo em conta que o autor teve de aprender a trabalhar na plataforma, foi um processo de vários dias finalizando vários modelos, melhorando-os à medida que aprendia novos comandos. Um total de 48h de trabalho no total. Contudo, um modelo deste tipo pode ser desenvolvido em 2h, quando o utilizador domina a plataforma e os seus comandos.
- b) Custo – Como trabalho académico não tem custos, mas para um atelier de arquitetura estas plataformas de desenho, necessitam de uma licença bastante dispendiosa. Neste caso, seria necessária a licença do Rhinoceros para obter o Grasshoper.
- c) Complexidade – É bastante complexa, principalmente quando o seu utilizador vem de plataformas modelares. É necessário um pensamento matemático e não apenas de modelação. Formas orgânicas atribuem mais complexidade aos parâmetros do modelo.
- d) Peças desenhadas – Não são necessários desenhos, podemos desenvolver um modelo do zero. Neste caso seguimos a transformação da analogia desenvolvida.

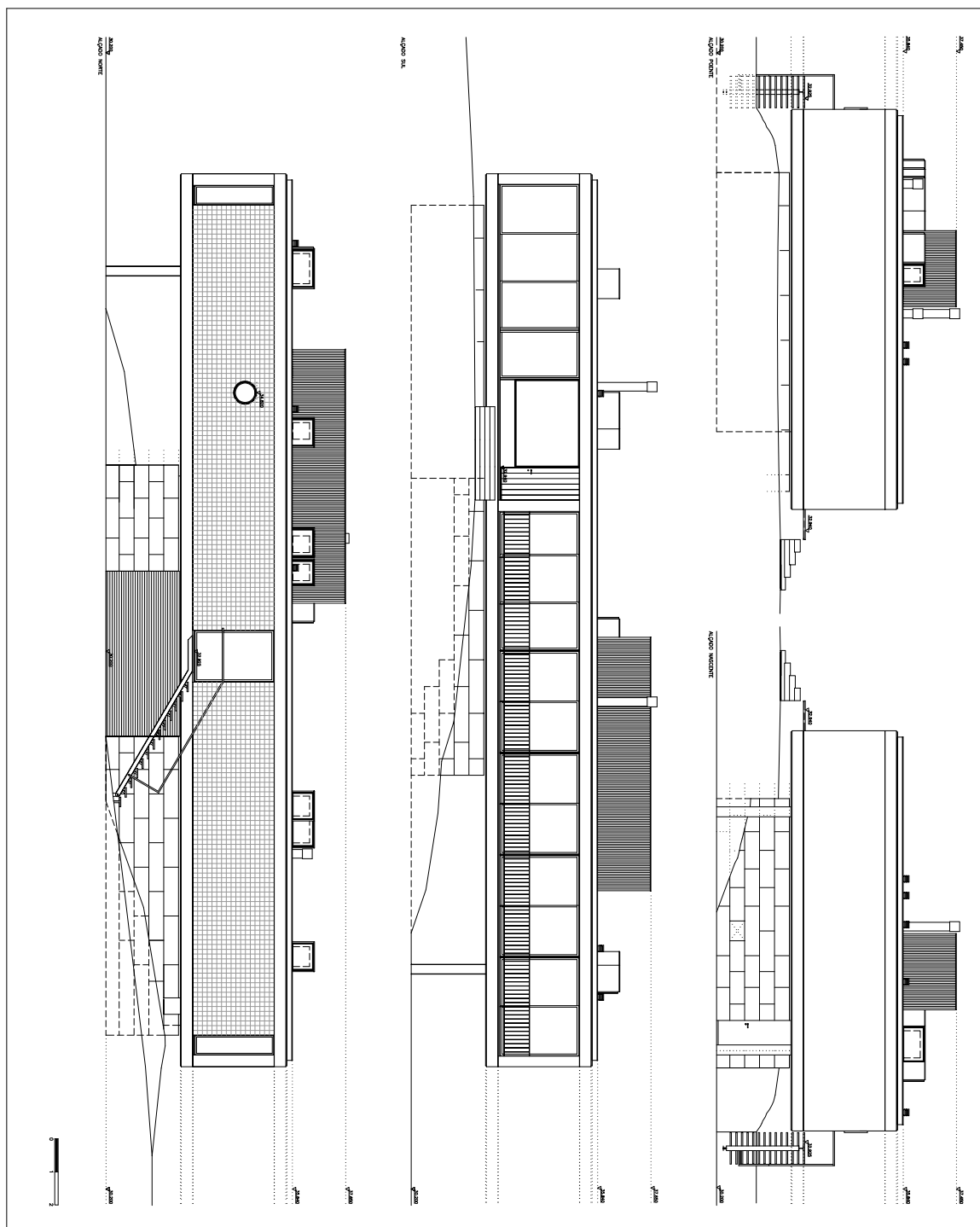
3 – Ferramentas

- a) Material Utilizado – Computador, teclado, rato, plataforma paramétrica.
- b) Portabilidade – Computador portátil, tablet, pen, ou impresso em papel.

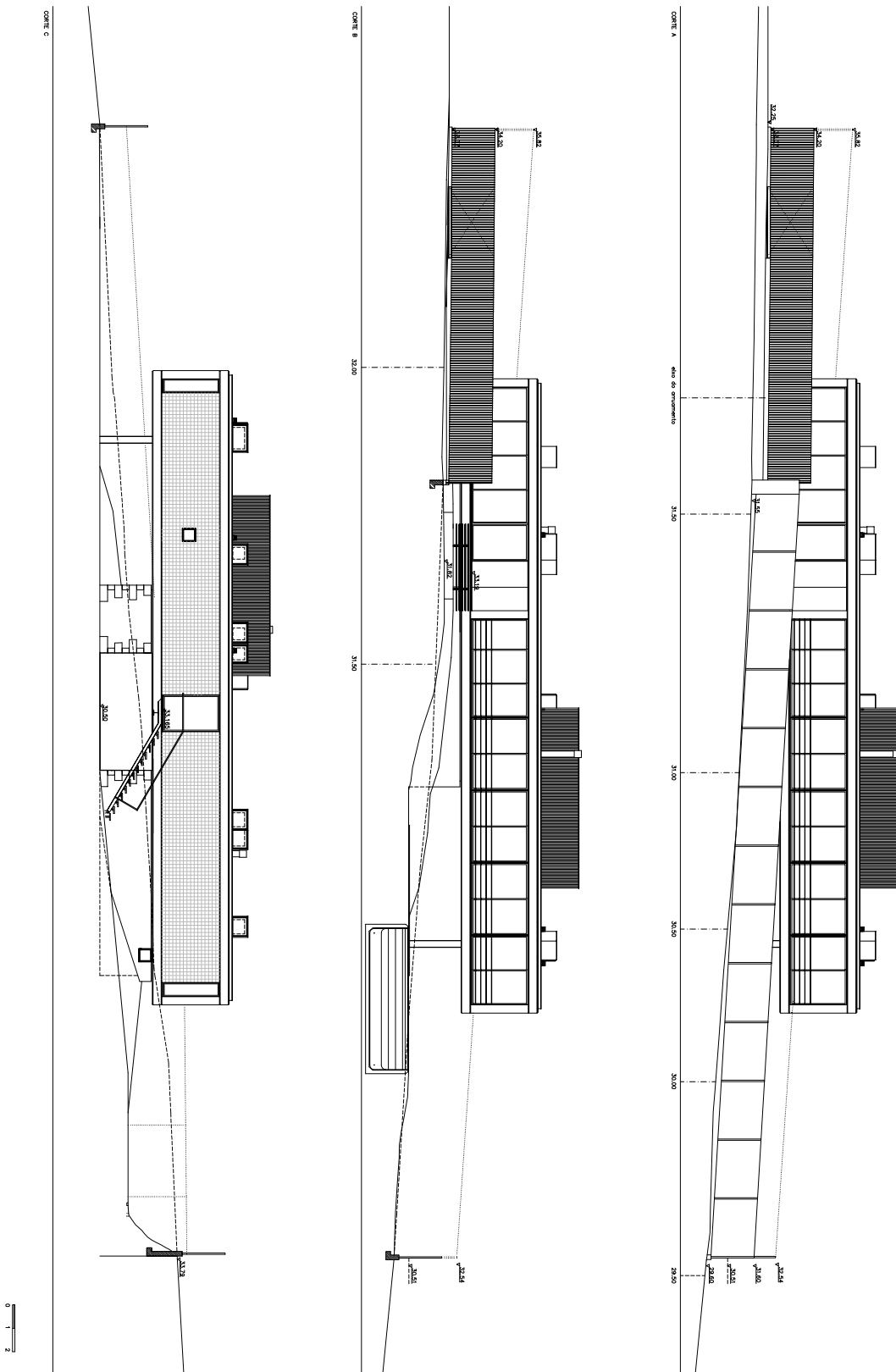
4 – Resultados

- a) Semelhanças – Idêntico ao que vai ser construído. Contém parâmetros que otimizam o modelo possibilitando mudanças rápidas, ou criar mais detalhe ao modelo.
- b) Facilidade de execução – Não é fácil, pois são necessários conhecimentos avançados das plataformas paramétricas, neste caso o Grasshopper. Em formas orgânicas, possibilita uma interação mais precisa.
- c) Representa o pretendido – Sim, e introduz novas possibilidades que nas plataformas modelares não são possíveis.
- d) Prazer em executar – Para quem está habituado a trabalhar com plataformas modulares, esta não se torna apelativa, embora após algumas utilizações, os resultados começam a aparecer e ligando-se à plataforma base, o Rhinoceros.

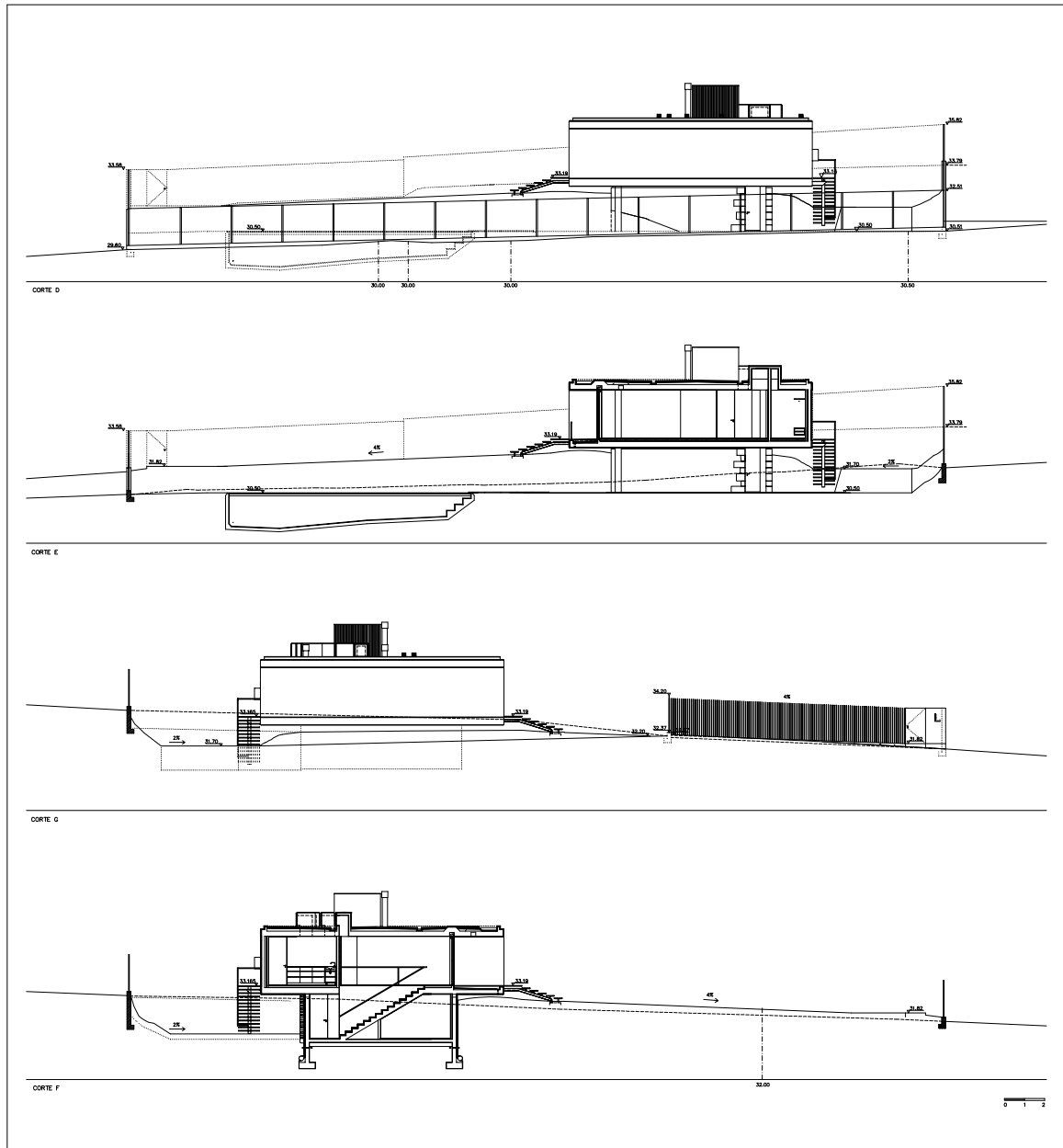
ANEXO 2 – DESENHOS DA CASA EM CASCAIS | MODELO DE ESTUDO | EDUARDO SOUTO DE MOURA



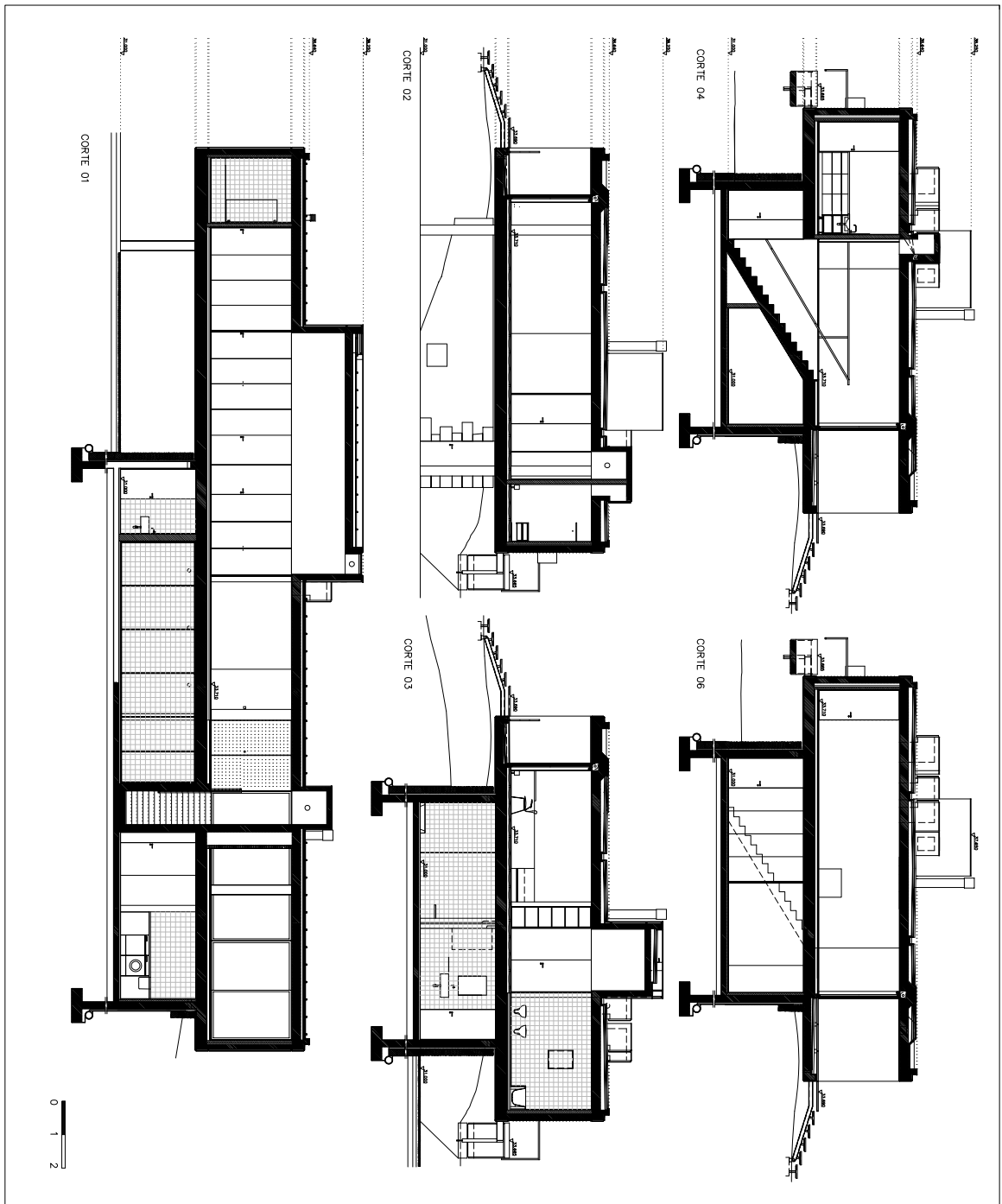
Desenhos fornecidos pelo atelier de Eduardo Souto de Moura



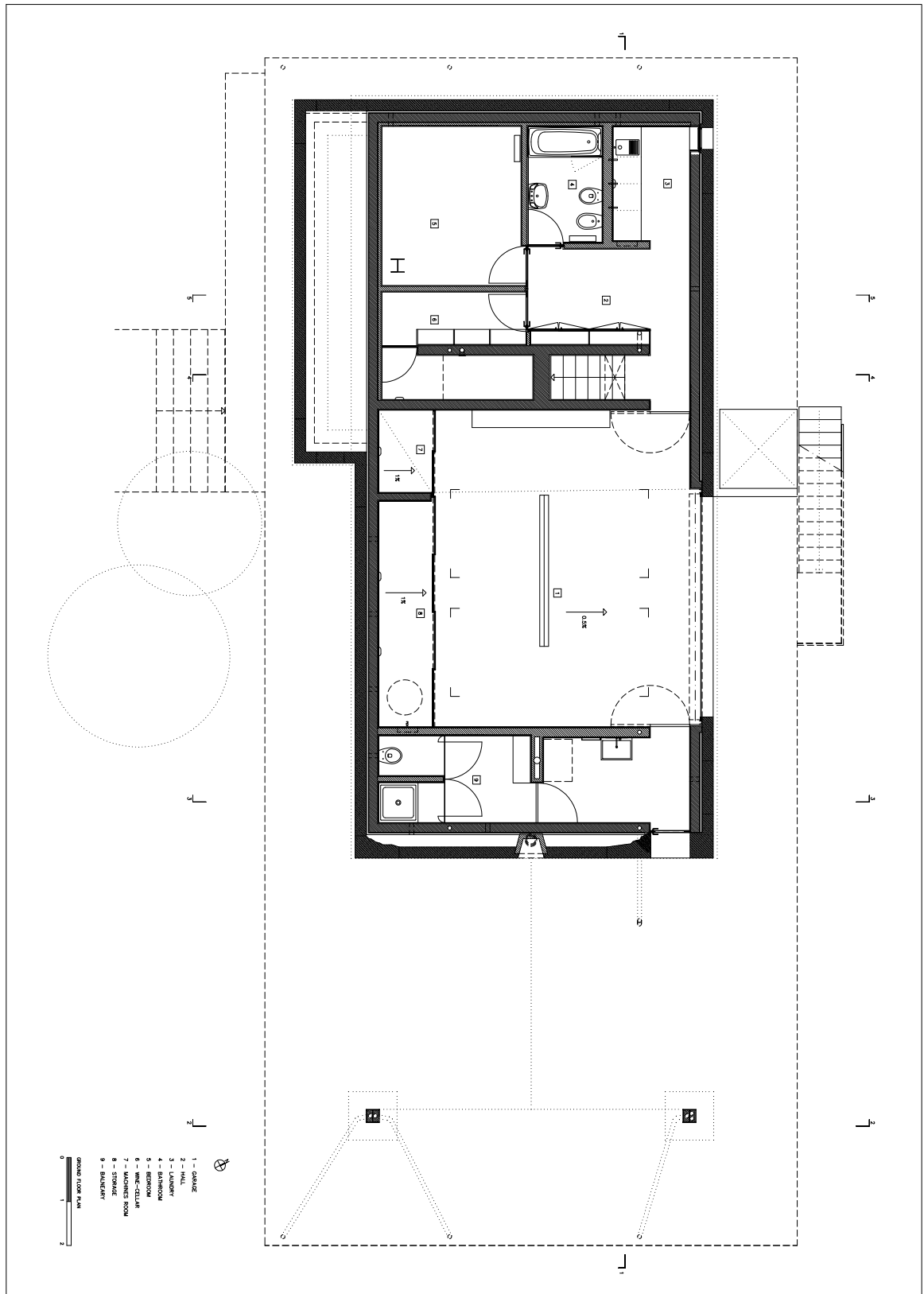
Desenhos fornecidos pelo atelier de Eduardo Souto de Moura



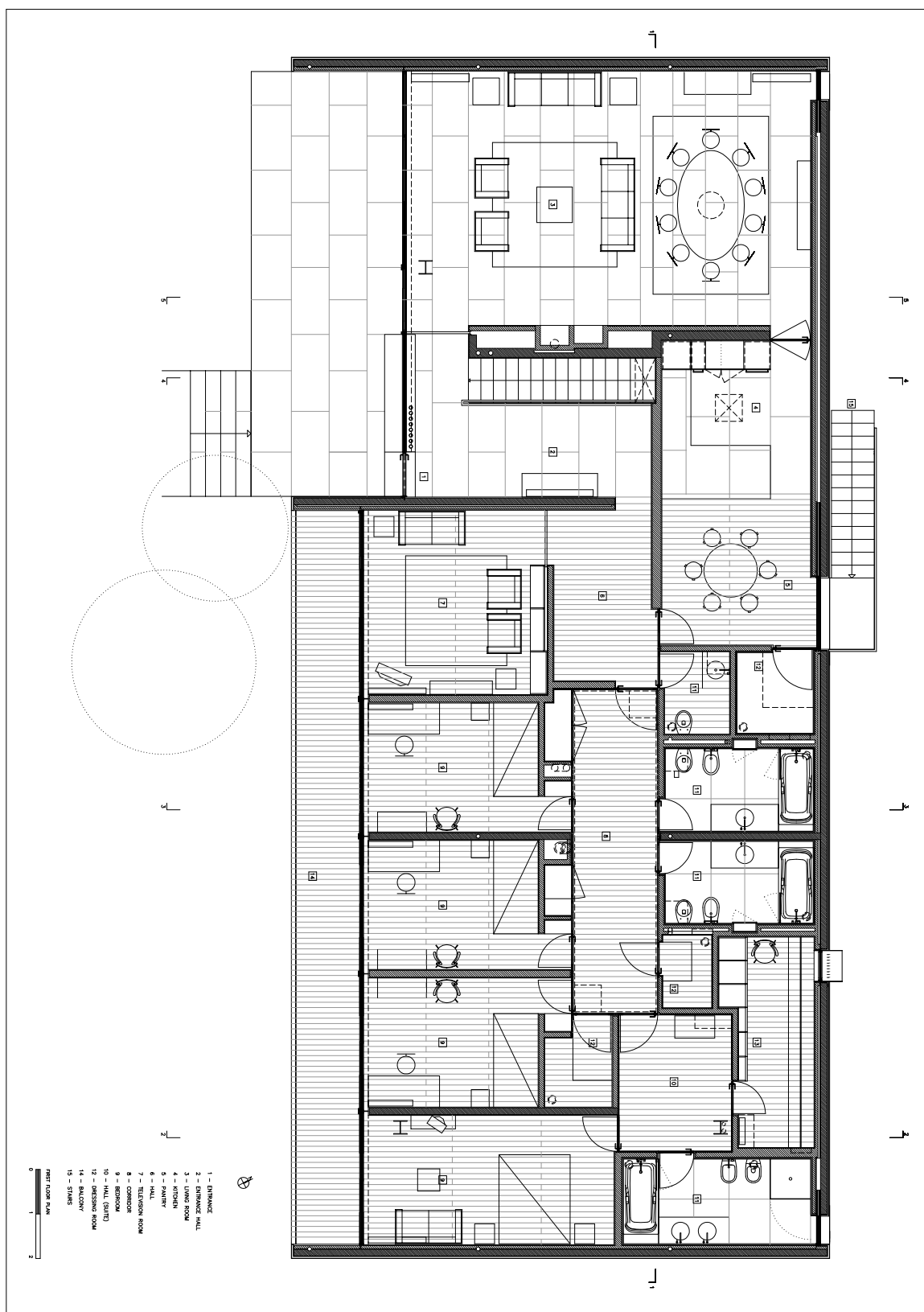
Desenhos fornecidos pelo atelier de Eduardo Souto de Moura



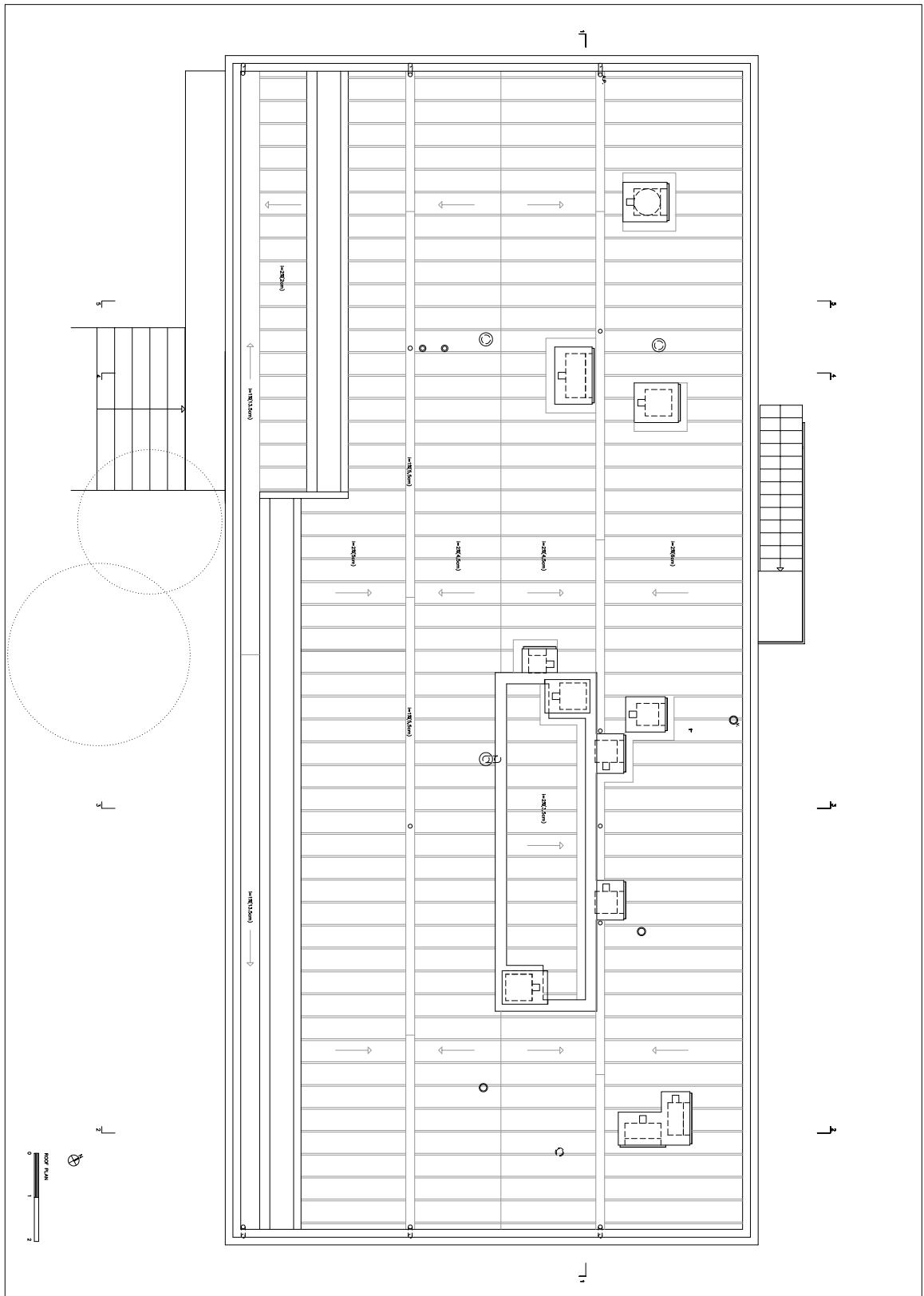
Desenhos fornecidos pelo atelier de Eduardo Souto de Moura



Desenhos fornecidos pelo atelier de Eduardo Souto de Moura



Desenhos fornecidos pelo atelier de Eduardo Souto de Moura

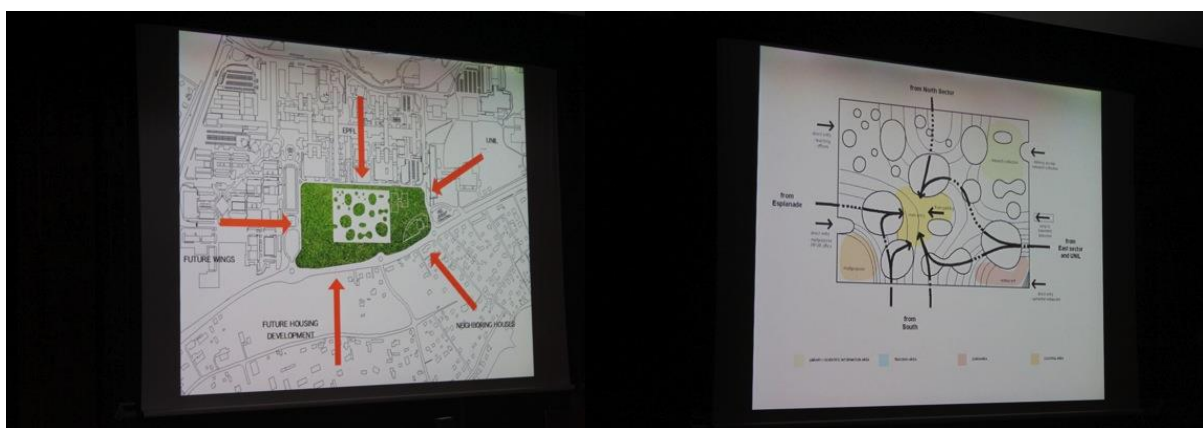


Desenhos fornecidos pelo atelier de Eduardo Souto de Moura

ANEXO 3 - CLOSE, CLOSER '11 | # DISTÂNCIA CRÍTICA | KAZUYO SEJIMA

Trienal de Arquitetura de Lisboa | Aula Magna | 16 de Novembro de 2011

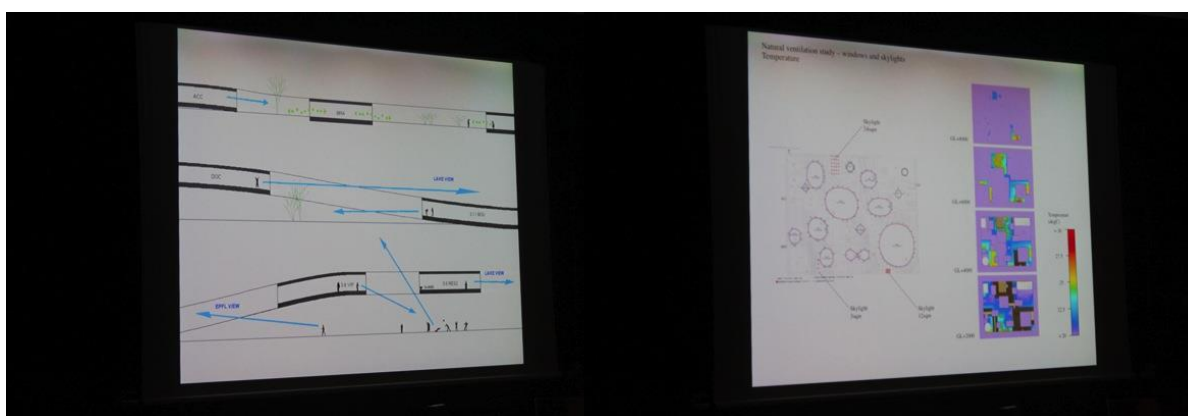
No dia 16 de Novembro de 2011, Kazuyo Sejima, arquiteta japonesa, que ganhou o prémio Pritzker em 2010, em conjunto com o associado, o arquiteto Ryue Nishizawa, veio a Lisboa fazer uma conferência no auditório da Aula Magna, no âmbito da Trienal de Arquitetura. Sejima, abordou vários projetos de sua autoria, mas o que despertou mais a atenção foi o Rolex Learning Center, em Lausanne na Suíça. Desde a sua forma recortada vista em planta de cobertura, a fazer lembrar uma fatia de queijo e ao nível dos alçados um paralelepípedo com várias curvas e oscilações ao nível dos vários pisos, criando comunicações do exterior com o interior e vice-versa. Outro aspeto interessante a retirar desta conferência, foram os estudos que Sejima fez para elaboração do projeto. Desde estudos de comunicações visuais, de estrutura, de iluminação, ventilação natural, etc. Todos estes estudos foram realizados em plataformas digitais. Sejima também criou maquetes de estudo em escalas maiores para visualizar como funciona o espaço. Como a presente dissertação aborda os modelos tridimensionais, achei relevante mostrar através de anexo as imagens da conferência CLOSE, CLOSER 11, aprofundando mais um pouco este projeto da Arq.^a Kazuyo Sejima, mostrando a colaboração entre ferramentas analógicas e digitais, complementando o caso de estudo da presente dissertação.



Gráficos de estudo sobre o projeto e o local e gráfico de relações visuais, fotografias do autor na conferência.



Gráfico de cálculos estruturais e gráfico de ventilação - temperatura, fotografias do autor na conferência.



Estudo da relação entre de vistas e gráfico de ventilação natural e temperatura – janelas e luz zenital, fotografias do autor na conferência.



Maquete do projeto e maquete em alçado, fotografias do autor na conferência.



Fotografias do exterior com a envolvente, fotografias do autor na conferência.



Fotografias do exterior por baixo da estrutura, fotografias do autor na conferência.



Fotografia do exterior com vista para o rio e os Alpes Suíços, fotografias do autor na conferência.



Rolex Learning Center, Kazuyo Sejima & Ryue Nishizawa, SANAA, Lausanne, Suíça, 2019 - Fotografias tiradas pelo autor em Lausanne, Suíça.

ANEXO 4 | ARX ARQUIVO | ARX PORTUGAL

Garagem Sul – CCB - Lisboa | 13 de Agosto de 2013

A 13 de Agosto de 2013, na garagem sul do Centro Cultural de Belém, em Lisboa, o atelier de arquitetura ARX Portugal, exibiu uma exposição, com o nome ARX Arquivo. Esta exposição marcou os primeiros 20 anos de projetos desta dupla de irmãos arquitetos portugueses, Nuno Mateus e José Mateus, tendo como uma das suas principais valências, a exploração da forma arquitetónica através de maquetes.

A arquitetura dos ARX Portugal tem-me influenciado ao longo do meu percurso académico, pelas suas formas pensadas através da experimentação de maquetes, continuando a dar muita importância a este instrumento analógico de trabalho na era dos modelos tridimensionais digitais.

Como a presente dissertação aborda os modelos tridimensionais, achei importante mostrar mais um pouco do trabalho dos ARX Portugal, não me centrando apenas num dos projetos deste atelier.

Este anexo pretende mostrar alguns dos seus projetos em maquete presentes na exposição e também algumas fotografias da minha autoria, tiradas na visita a alguns dos edifícios. Sendo eles, a Escola de Ensino Superior do Barreiro, o Museu Marítimo de Ílhavo e o Edifício Mythus em Lisboa.



Exposição ARX Arquivo, garagem sul, fotografias do autor na exposição.



Escola Superior Técnica do Barreiro. Exposição ARX Arquivo, garagem sul, fotografias do autor na exposição.



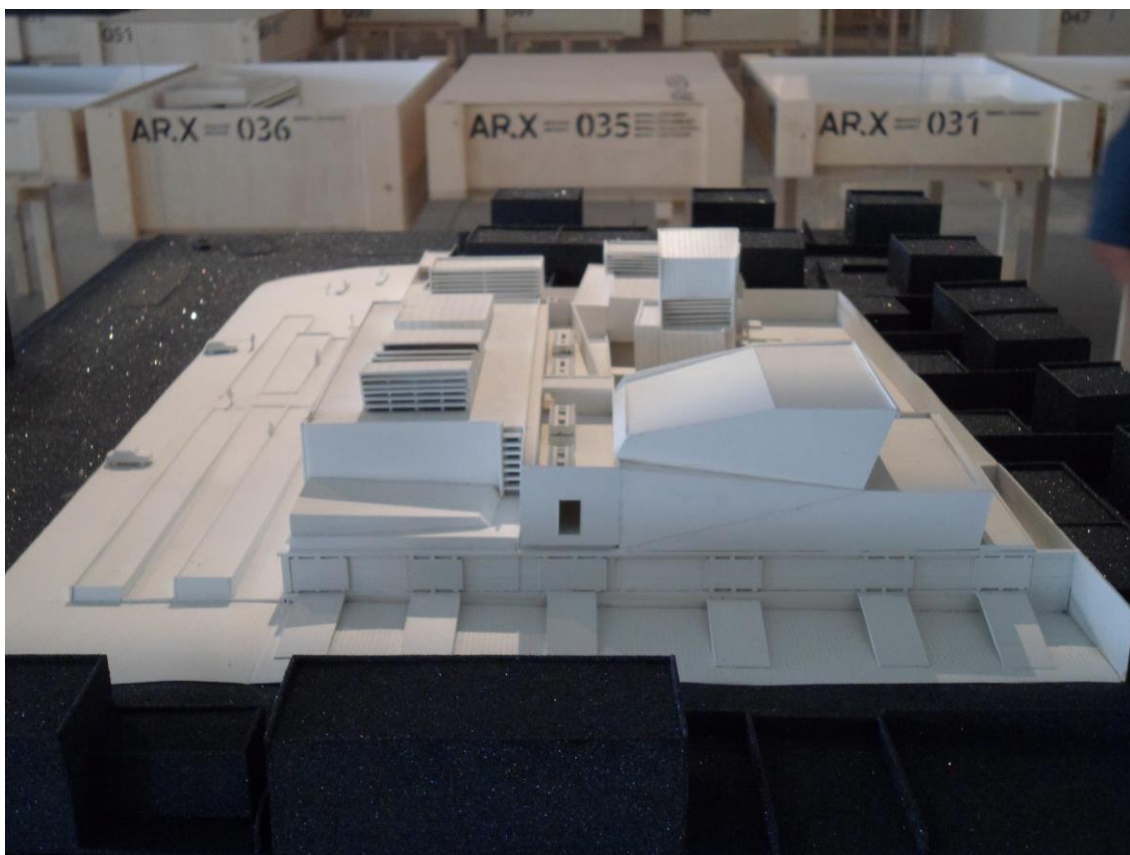
Exposição ARX Arquivo, garagem sul, fotografias do autor na exposição.



Fotografias do autor à Escola Superior Técnica do Barreiro



Museu Marítimo de Ílhavo. Exposição ARX Arquivo, garagem sul, fotografias do autor na exposição.



Museu Marítimo de Ílhavo. Exposição ARX Arquivo, garagem sul, fotografias do autor na exposição.



© Marco Cunha Photography

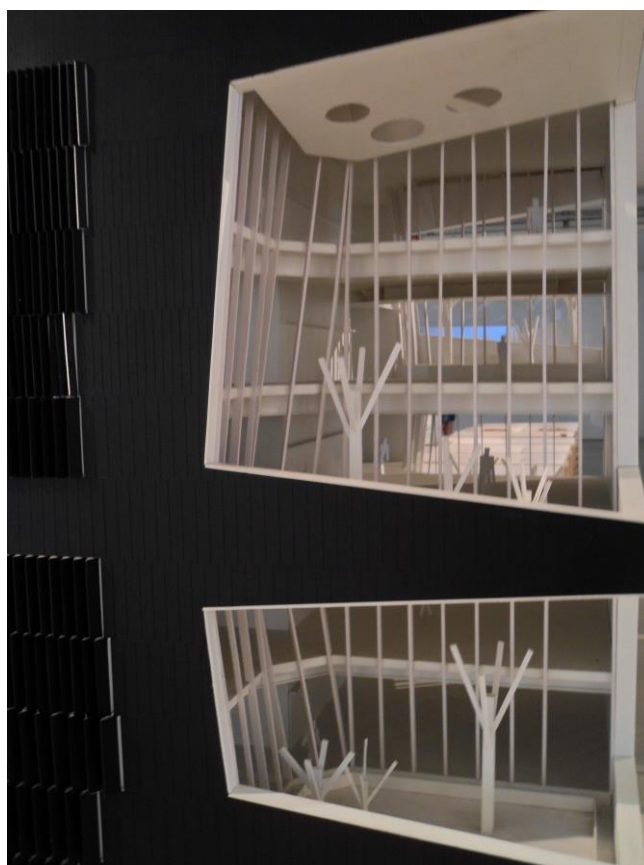
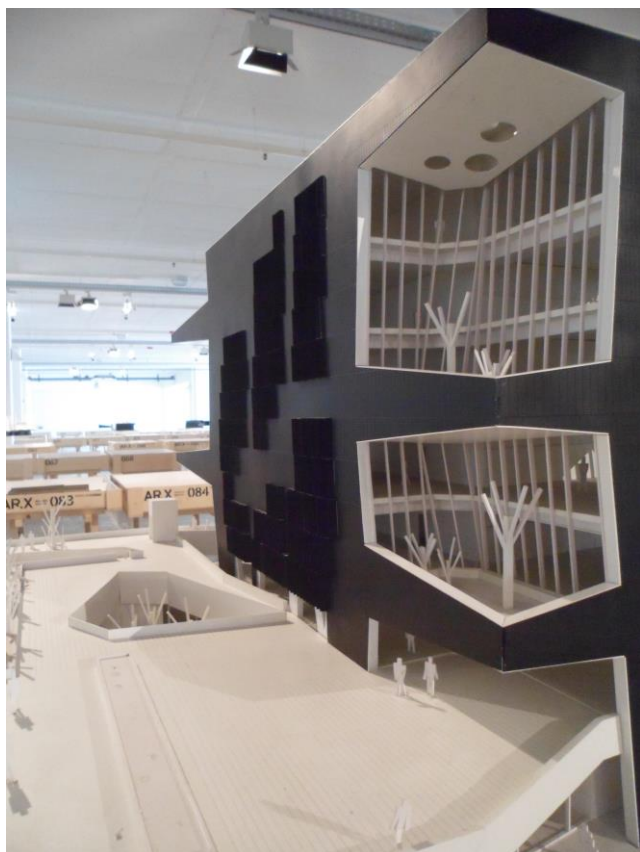


© Marco Cunha Photography

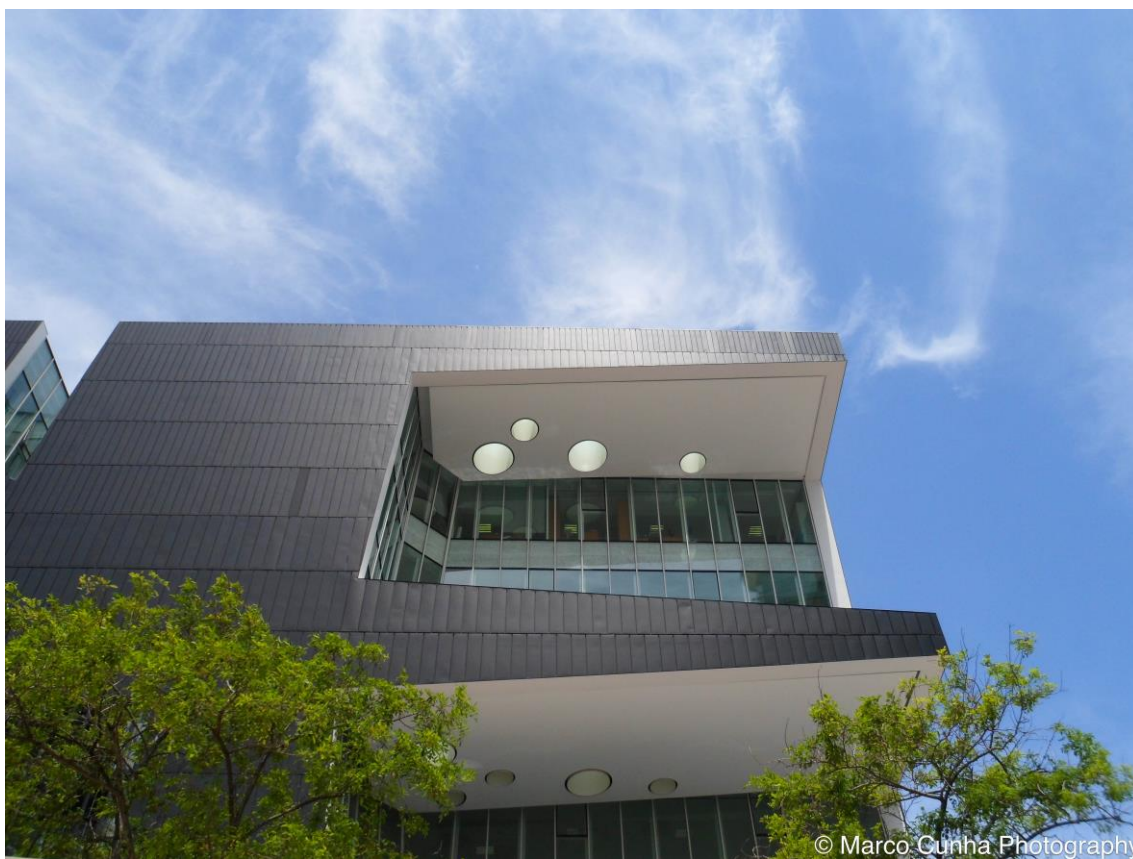
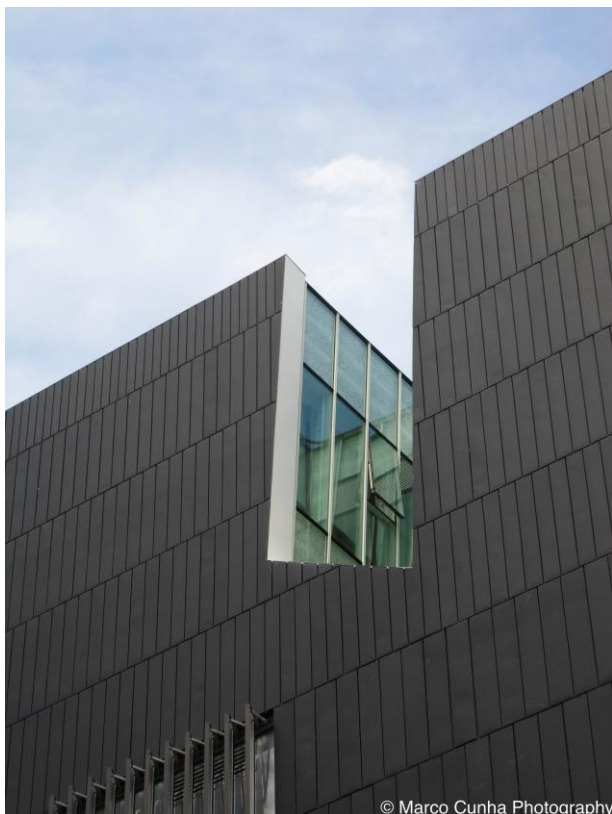
Fotografias do autor ao Museu Marítimo de Ílhavo.



Edifício Mythus. Exposição ARX Arquivo, garagem sul, fotografias do autor na exposição.



Edifício Mythus. Exposição ARX Arquivo, garagem sul, fotografias do autor na exposição.



Fotografias do autor ao Edifício Mythus.