

ANÁLISE AOS PROCESSOS DE DESENHO DIGITAL

UNITÉ D'HABITATION vs VM HOUSES

Rodrigo José Couceiro De Carvalho Machado

Dissertação de Mestrado Integrado em Arquitectura
sob orientação do Professor Doutor Gonçalo Esteves de
Oliveira do Canto Moniz e co-orientação do Professor
Doutor Mauro Costa Couceiro

Departamento de Arquitectura, FCTUC, 2017/2018



A presente dissertação não segue o novo Acordo Ortográfico da Língua Portuguesa de (2009) e as referências bibliográficas são apresentadas segundo as Normas APA. As citações transcritas que se encontravam em língua não portuguesa foram sujeitas a tradução.

RESUMO

Esta tese propõe uma análise aos processos de desenvolvimento de projecto, desde os métodos analógicos até aos digitais, centrando-se na comparação entre o modo como foi idealizada a *Unité d'Habitation de Marseille* (1952) de *Le Corbusier* e o conjunto habitacional VM Houses (2005) desenvolvido pelo gabinete BIG + JDS = PLOT em Copenhaga, Dinamarca.

Numa primeira instância é feita uma referência ao processo de desenho manual de projecto, como ponto de partida para o recurso à utilização dos meios digitais, sucessivamente mais complexos, evidenciando a forma como a arquitectura se tem vindo a modelar ao longo dos tempos, reflexo da simultânea evolução das tecnologias usadas. Realçam-se como exemplos de processos de fazer arquitectura, os sistemas generativos de projecto, as gramáticas de forma, a modelação paramétrica e o BIM (Building Information Modelling), este último, um método integrado de desenho tri-dimensional avançado.

Numa segunda fase, a tese debruça-se sobre a análise detalhada dos casos de estudo (*Unité d'Habitation*, como exemplo de projecto manual e VM Houses, como exemplo de processo digital), salientando as composições em planta, as funções dos espaços, as fachadas, etc. Após esta abordagem faz-se um estudo comparativo dos dois edifícios citados, avaliando se o recurso às novas tecnologias constitui uma mais-valia na obtenção de formas complexas.

PALAVRAS-CHAVE

VM Houses, *Unité d'Habitation*, algoritmos genéticos, desenho paramétrico, desenho generativo, gramáticas de forma

ABSTRACT

This thesis proposes an analysis to the project development processes, from analog to digital methods, focusing on the parallel between Unité d'Habitation de Marseille (1952), designed by Le Corbusier and the housing complex VM Houses (2005) developed by the BIG + JDS = PLOT office in Copenhagen, Denmark.

In a first phase, the thesis focuses on the manual design process, as a starting point to the digital, showing the way how architecture has been modeled over time, reflecting the evolution of the technologies used. As examples of architectural processes, there are generative design systems, shape grammars, parametric design, and Building Information Modeling (BIM), an integrated three-dimensional design method.

In a second phase, the thesis focuses on the detailed analysis of the case studies (Unité d'Habitation, as analog process and VM Houses, as digital process), plans, space functions, facades, etc. After this approach, a parallel between the two buildings is established, trying to understand if the use of the new technologies, are good or not, to obtain complex architecture forms.

KEYWORDS

VM Houses, *Unité d'Habitation*, genetic algorithms, parametric design, generative design, shape grammars

ÍNDICE

I. INTRODUÇÃO	10
ESTADO DA ARTE E ESTUDOS DE CASO	10
MODULARIDADE NA ARQUITECTURA	14
II. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	20
ANALÓGICO VS DIGITAL	20
AS IMPLICAÇÕES DO PROCESSO DIGITAL NA ARQUITECTURA	28
III. SISTEMAS GENERATIVOS DE PROJECTO	34
DESENHO PARAMÉTRICO	34
ALGORITMO GENÉTICO E COMPUTAÇÃO EVOLUTIVA	38
GRAMÁTICAS DE FORMA	44
TIPOS DE GRAMÁTICAS DE FORMA	48
IV. UNITÉ D'HABITATION VS VM HOUSES	50
MODULARIDADE NA UNITÉ D'HABITATION DE MARSELHA	50
MODULARIDADE NAS VM HOUSES	60
COMPARAÇÃO ENTRE A UNITÉ D'HABITATION E AS VM HOUSES	70
V. CONSIDERAÇÕES FINAIS	86
VI. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	94
VI. REFERÊNCIAS DAS FIGURAS	100
VIII. ANEXOS	110

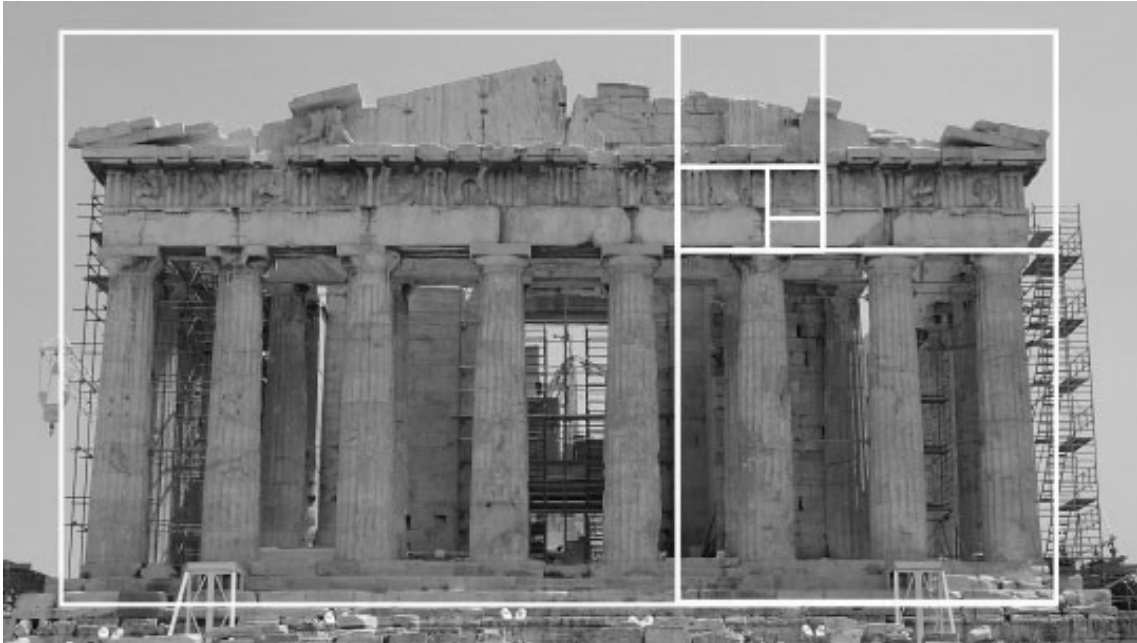


Fig. 1 _ Demonstração do retângulo de ouro no Parthenon

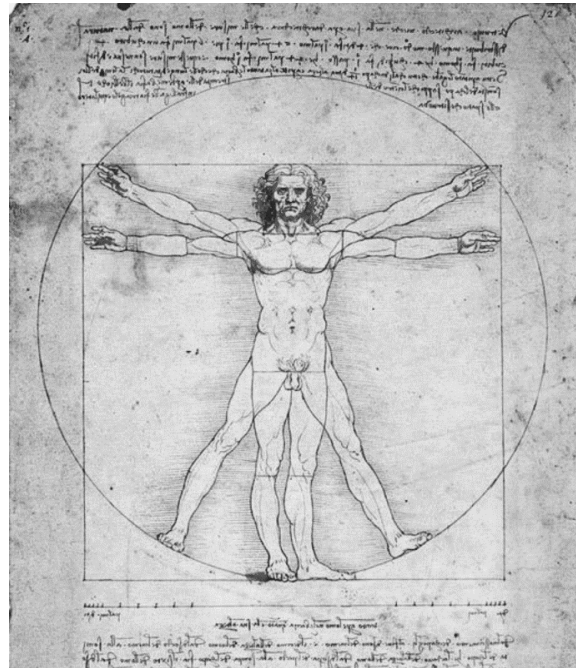
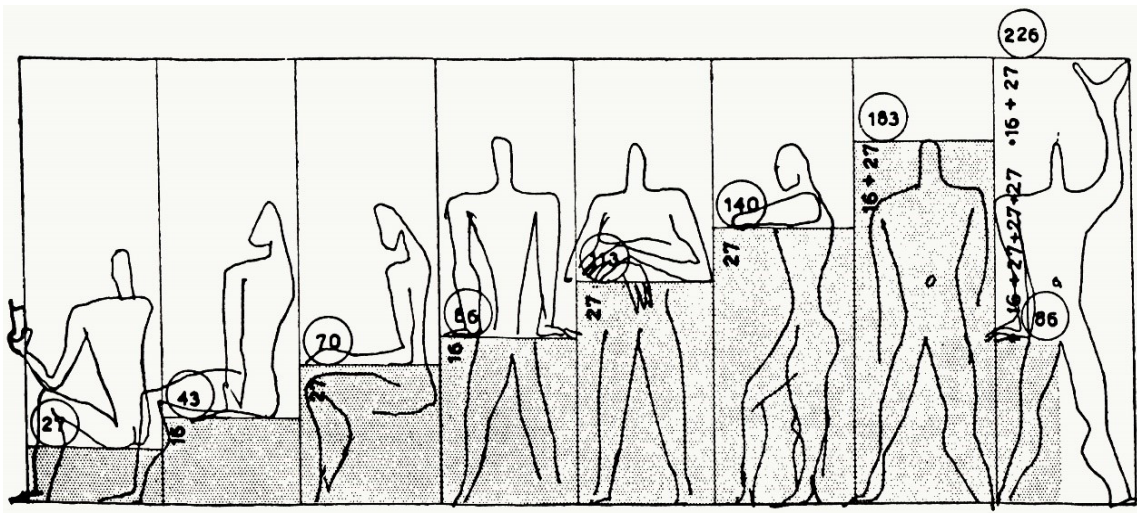


Fig. 2 _ Homem Vitruviano (desenho de Leonardo da Vinci - 1490)

Fig. 3 _ Modulor de Le Corbusier - estudo das proporções do corpo humano em várias posições - 1946



I. INTRODUÇÃO

ESTADO DA ARTE E ESTUDOS DE CASO

Ao longo da história, o Homem tentou sempre encontrar regras para definir e orientar o espaço que o rodeia, procurando, assim, encontrar o equilíbrio da Natureza.

A proporção áurea, também chamada de rectângulo de ouro, está associada a Fídias (480 a.C. - 430 a.C.), escultor e arquitecto grego, um dos autores do templo grego Parthenon, na Acrópole de Atenas (figura 1). O uso do retângulo de ouro, é bem perceptível neste templo e exemplifica a preocupação pela procura do belo e da harmonia, por parte da arquitectura grega.

A secção áurea é tida como a forma mais sublime de divisão entre o comprimento e a largura. Citando Euclides, no Livro VI de Os Elementos, “um segmento de reta se diz dividido em média e extrema razão, se a razão entre o menor e o maior dos segmentos é igual à razão entre o maior e o segmento todo”.

Marcus Vitruvius Pollio (séc.I a.C.), arquitecto romano, autor do tratado arquitectónico “De Architectura” (figura 2), debruçou-se sobre a análise de regras e métricas, sendo que, através dele, se destacam os três princípios orientadores da arquitectura: a “utilitas” (utilidade), a “venustas” (beleza) e a “firmitas” (solidez), princípios estes, que se tornaram a base da Architectura Clássica.

Também *Le Corbusier* realizou estudos sobre as medidas do ser humano, baseados na proporção áurea e na sequência de Fibonacci, que culminaram no sistema de proporções conhecido como Modulor (figura 3). A modularidade, acabou por ajudar *Le Corbusier* no desenvolvimento de projecto, tornando-o mais célere, pois para responder à falta de alojamento do período pós-guerra, era necessário, que não só a construção fosse rápida, mas também a execução prévia do projecto.

Na década de 60, surgiram os primórdios dos sistemas computadorizados de desenho para arquitectura CAD (computer-aided design). Estes, têm vindo a ser desenvolvidos dentro destas plataformas, sistemas que, de alguma forma, auxiliam e facilitam ao arquitecto o trabalho de desenho, bem como a visualização do espaço (MITCHELL, 1975).

A procura destas regras e princípios orientadores ao longo da história, levou ao que hoje se chama de gramáticas de forma (FERRÃO; ELOY, 2014). As ideias principais destes sistemas generativos baseiam-se, na automatização dos processos de desenho, na otimização do projecto, bem como na criação generativa de formas.



Fig. 4 _ Conjunto da Malagueira de Siza Vieira, Évora

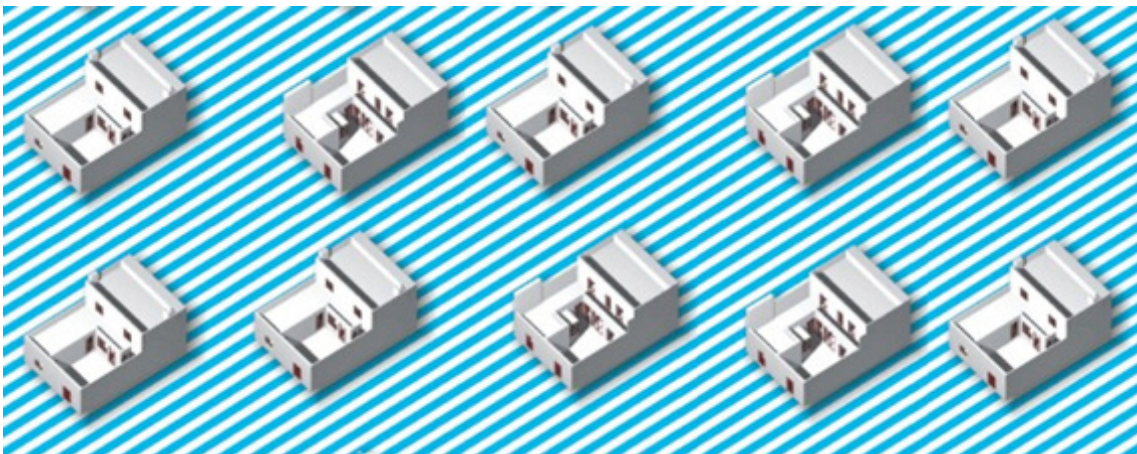


Fig. 5 _ Exemplo da gramática das casas da Malagueira, por José Pinto Duarte

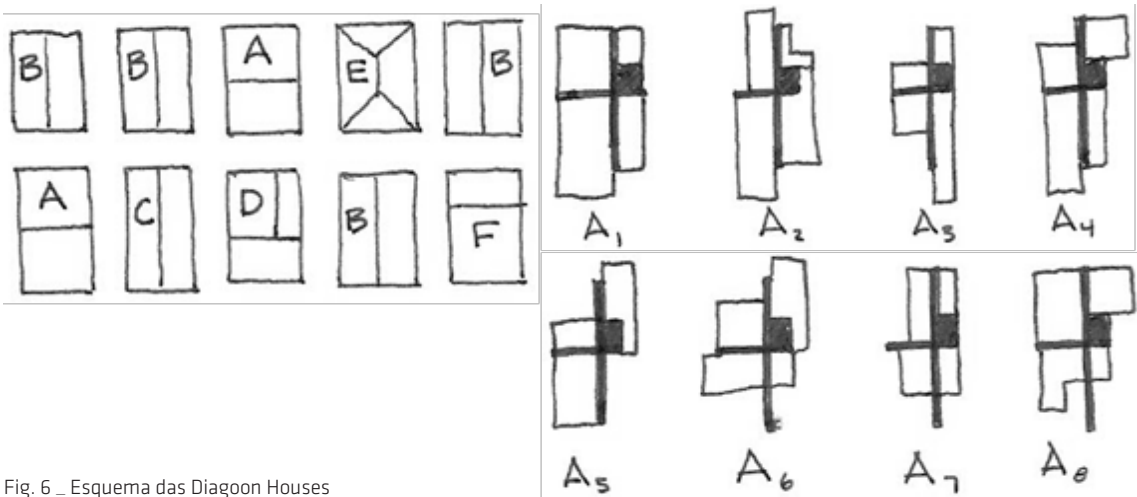


Fig. 6 _ Esquema das Diagon Houses

No âmbito do tema da geração de formas, os sistemas generativos de projecto surgem como uma resposta à necessidade de automatizar processos, oferecendo a possibilidade de, através de uma ferramenta, se poder controlar todo o processo de criação, em vez da elaboração exclusiva de uma forma. O principal objectivo do desenvolvimento desta ferramenta prende-se com a eficácia e inovação das formas geradas, uma vez que, através dela, podem ser gerados diversos modelos dentro de uma mesma família, oferecendo, assim, um maior número de possibilidades.

Sendo inicialmente usados no estudo das artes, como a pintura e escultura, a progressiva aplicação dos sistemas generativos, na arquitectura, tem permitido analisar diversas obras arquitectónicas, tendo-se, assim, tornado num objecto de estudo mais amplo. Cite-se o exemplo do Conjunto da Malagueira, do arquiteto Siza Vieira, onde foi criado um sistema generativo do conjunto das casas, mas é dada a possibilidade de abordar cada uma de maneira individual.

O conjunto da Malagueira, projectado por Siza Vieira para a cidade de Évora (1977-1998), (figura 4), aparece como a sua terceira experiência em programas de habitação social, sendo esta precedida dos projectos para o Bairro de São Vítor e Bouça, no Porto. É composto por um total de 1200 habitações, de 35 tipologias diferentes, sendo estas, estruturadas a partir do desenho das ruas.

Tendo como objecto de estudo o conjunto habitacional de Siza Vieira, José Pinto Duarte, aquando da sua tese de Doutoramento (2001), usa as gramáticas de forma (figura 5) para analisar as unidades habitacionais da Malagueira e identificar as regras subjacentes ao desenho das habitações.

A tese do Prof. Doutor José Pinto Duarte debruça-se sobre processos de personalização da habitação em série, sendo estas obtidas através de sistemas assistidos por computador, baseando-se, assim, num sistema interativo de geração de variadas soluções de design que são obtidas a partir de um modelo matemático, ao qual se dá o nome de gramática discursiva. Esta, é composta por 3 elementos, sendo eles: uma gramática de forma, uma gramática de descrição e um conjunto de heurísticas. Propõe, assim, um modelo, que, apesar de baseado nas regras compositivas e regulamentações da habitação portuguesa, oferece uma nova possibilidade de habitação personalizada, e, em série.

Parece pertinente, a utilização dos sistemas digitais nos processos de desenvolvimento das gramáticas de forma, uma vez que dão a possibilidade de avaliar variadas sequências de formas. Através deles, é possível retirar o máximo de partido deste tipo de métodos, sendo fundamentais para um maior crescimento e desenvolvimento da arquitectura.



Fig. 7 _ Escola Montessori, Delft

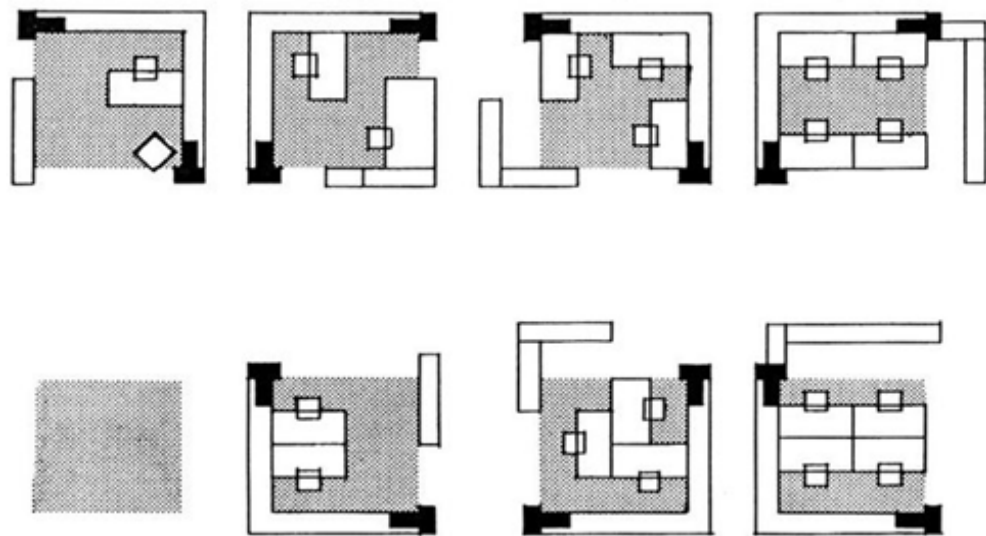


Fig. 8 _ Módulos, Centraal Beheer, Apeldoorn

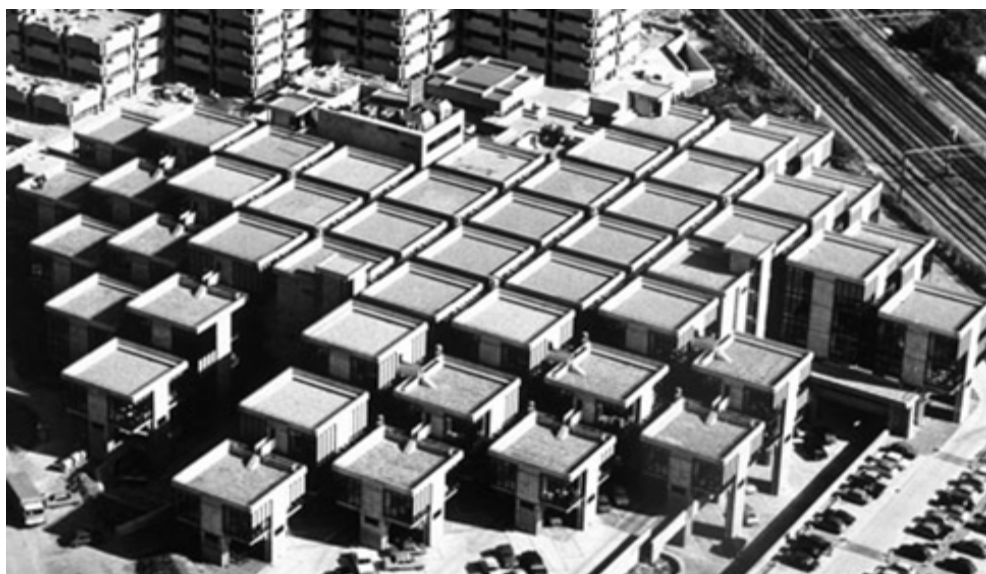


Fig. 9 _ Centraal Beheer, Apeldoorn

MODULARIDADE NA ARQUITECTURA

Da mesma forma que as regras compositivas, também a procura pelos elementos modulares esteve sempre muito presente ao longo da História. Como foi referido anteriormente, desde a proporção áurea, passando pelo módulo Clássico romano (módulo-forma), ao Modulor de *Le Corbusier* (módulo-função), vários arquitectos têm estudado e utilizado as medidas e a lógica matemática para criar os cânones das proporções do ser humano.

Nas décadas de 60-70 surge uma procura por outros modos de vida, o que, conseqüentemente, levou ao aparecimento de alguns movimentos alternativos que exploravam novas formas de habitar. O Estruturalismo aparece no seguimento do movimento Moderno, onde se privilegia a relação entre os elementos modulares com diferentes tipos e tamanhos, podendo estes ser organizados segundo a função e hierarquia. Dentro deste contexto, é de salientar o arquitecto Herman Hertzberger, que trabalhou temas relevantes, dentro dos quais, a modularidade (figura 6).

Considerado um dos mestres da arquitectura holandesa, Herman Hertzberger, juntamente com Aldo van Eijck, são representantes do Estruturalismo, tendo, este último, integrado o Team X (grupo constituído por um conjunto de arquitectos que se reuniram pela primeira vez em 1954, com o objectivo de preparar o 10º Congresso Internacional de Arquitectura Moderna - CIAM). O Estruturalismo, não engloba apenas a forma estrutural dos edifícios, mas pode estender-se à malha de uma cidade, ao repetido uso de um material, ou mesmo de um módulo em planta.

Ao longo da sua carreira como arquitecto, Herman Hertzberger desenvolveu variados projectos, os quais se enquadram em quatro tipologias diferentes: escolas, edifícios residenciais e de escritórios e teatros. As suas obras transmitem ordem e regras compositivas, que, segundo este, são pontos fundamentais para oferecer liberdade aos usuários de interagirem com o edifício. O projecto para a Escola Montessori em Delft (1966), (figura 7), é desenhado com um plano de edifício modular, onde as salas de aula são a unidade que se repete. Através da concepção dos espaços e da materialização do projecto, Hertzberger ofereceu à escola a liberdade dos alunos se apropriarem da sua arquitectura, e, assim, poderem interagir com ela. No seguimento do projecto desta Escola, e utilizando o mesmo princípio modular (figura 8), Hertzberger desenvolveu um edifício de escritórios, a uma escala maior, o Centraal Beheer em Apeldoorn (1972), (figura 9).

O desenho modular possibilita a ampliação do edifício, sem que seja alterada a sua linguagem arquitectónica, o que se veio a verificar na Escola Montessori em Delft (1966), pois, anos após a sua inauguração, as salas de aula aumentaram de 4 para 11, feitas em várias etapas, mas utilizando a mesma linguagem arquitectónica.



Figura 10 _ Render do projecto Toronto 2.0 do escritório BIG



Figura 11 _ Habitat 67 de Moshe Safdie



Fig. 12 _ Render do projecto Sky Village _ MVRDV

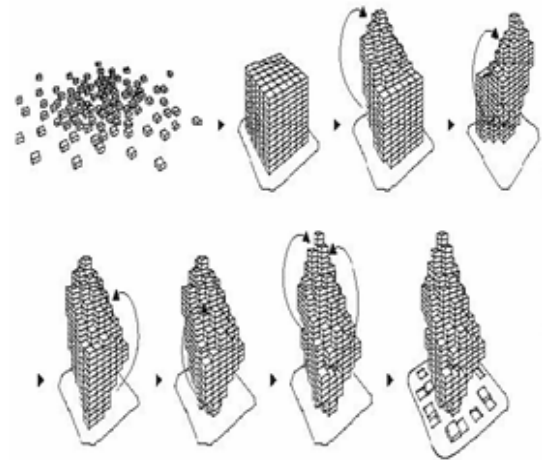


Fig. 13 _ Diagrama agregação de módulos do projecto Sky Village



Fig. 14 _ Render do projecto Folie Richter _ MVRD



Fig. 15 _ Bairro de Oxley Woods _ Rogers Stirk Harbour + Partners

A modularidade oferece a possibilidade de conjugar módulos e, assim, criar espaços entre eles, coisa que Hertzberger fez em muitos dos seus projectos de escolas. Nestes, as escadas surgem, não só com o objetivo de facilitar a circulação nos edifícios, mas também para promover os encontros entre alunos, transformando-as em praças, onde os degraus servem de bancos e a escola se torna, também, num local de convívio.

Com o decorrer do tempo, e em particular nos projectos de edifícios de escritórios, a preocupação com a estrutura e a modularidade ficou menos patente nos projectos de Herman Hertzberger, uma vez que passou a ser mais diversificada, e foram introduzidos outros temas centrais no desenho, como o programa, a estética e a relação do edifício com o seu contexto urbano.

A otimização adjacente aos projectos gerados, a partir de gramáticas de forma, torna possível aos arquitectos analisar o seu desempenho funcional. A criação de modelos com uma complexidade mais elevada, com poucas regras compositivas e um vocabulário limitado de formas, oferece uma grande variedade de linguagens de projecto. “Os algoritmos genéticos mostraram-se bem sucedidos em problemas de busca e otimização” (MITCHELL, 1996).

Vários gabinetes de arquitectura têm desenvolvido projectos que contemplam práticas relacionadas com o tema das gramáticas de forma. O gabinete dinamarquês BIG, que é também autor do projecto que dá forma à minha dissertação, tem várias obras que contemplam práticas relacionadas com o tema das gramáticas de forma, podendo citar como exemplo o conjunto residencial Toronto 2.0 (2016), para a cidade de Toronto (figura 10), sendo este, também inspirado no icónico projecto de Moshe Safdie Habitat 67, para a Exposição Mundial de 1967 (figura 11).

O gabinete MVRDV também tem desenvolvido vários projectos no âmbito destas temáticas, citam-se como exemplos, o projecto Sky Village (2008), que ganhou o concurso para um arranha-céus em Rødovre na Dinamarca (figuras 12 e 13) e o projecto Folie Richter (2014), (figura 14). Ambos sugerem agregações de formas variadas que dão origem aos edifícios propostos.

Também o gabinete Rogers Stirk Harbour + Partners desenvolveu um projecto, construído em 2007 no Bairro de Oxley Woods, que ficou conhecido como Legoland, e recebeu, em 2008, a Medalha Manser para a melhor habitação (figura 15). Este, é composto por 145 residências e caracteriza-se pela sua grande flexibilidade, sendo que os espaços podem ser personalizados ao gosto do cliente, bem como adaptáveis às possíveis mudanças dos habitantes, seguindo, assim, uma iniciativa lançada pelo Governo Inglês para a criação de habitações com design inovador, flexibilidade e eficiência durante a construção. Estas características, só foram exequíveis graças



Fig. 16 _ Exposição Alberti Digital

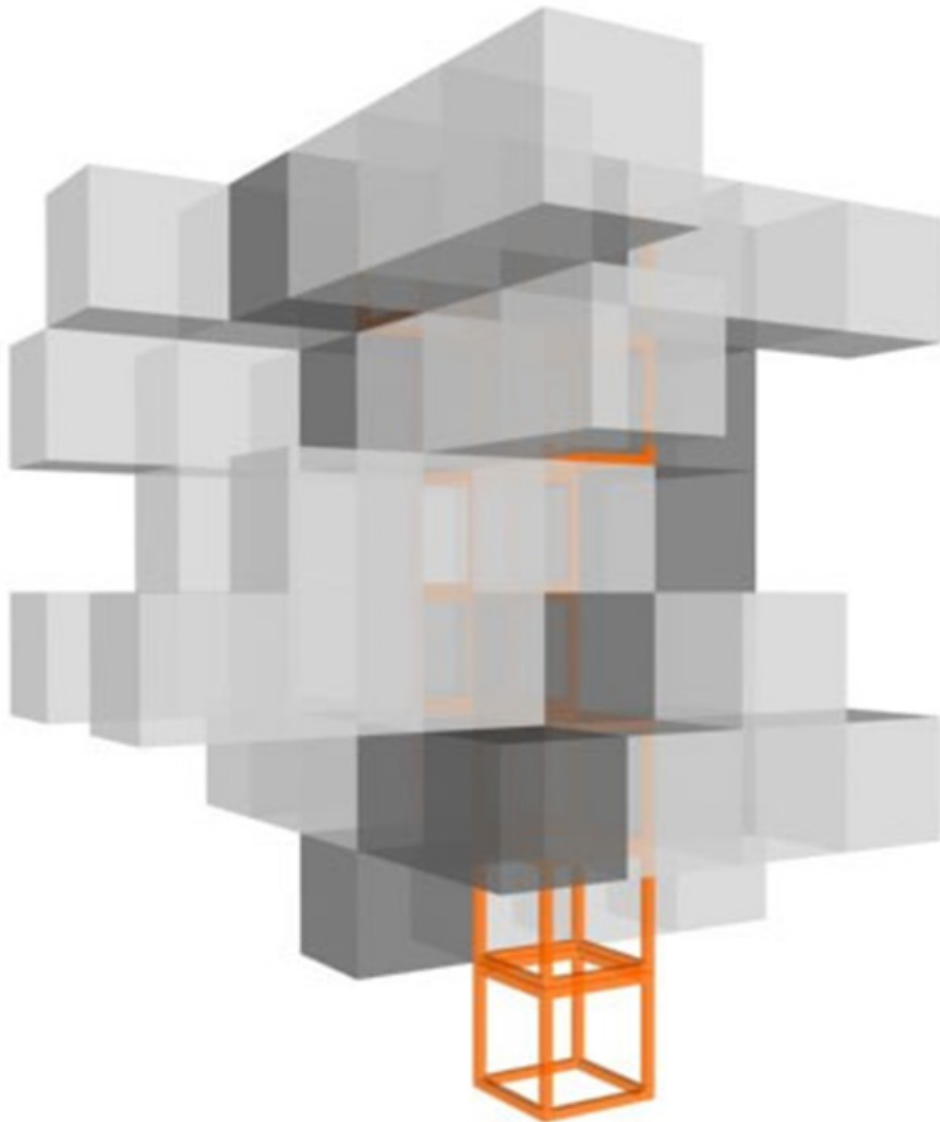


Fig. 17 _ Design com representação de código de forma _ Orestes Chouchoulas

ao recurso às gramáticas de forma. O projecto transmite, ainda, a ideia de comunidade, que é obtida através da interação entre as habitações, dada a proximidade que é gerada entre elas e a infraestrutura urbana, dando, assim, origem a bairros que, por sua vez, minimizam a utilização dos automóveis.

O panorama actual dos temas abordados nesta tese de mestrado é marcado por investigações e variados projectos. Para além da dissertação do Prof. Doutor José Pinto Duarte “Customizing mass housing: a discursive grammar for Siza’s Malagueira” (2001) para a sua tese de Doutoramento, no cenário português, é de realçar investigações como “Alberti Digital - Tradição e inovação na teoria e prática da arquitectura em Portugal” (2010-2013), liderada pelo Prof. Doutor Mário Krüger, em conjunto com diversos investigadores portugueses, com sede no Centro de Estudos Sociais da Universidade de Coimbra (figura 16). Esta investigação é um trabalho inovador na área de estudo, uma vez que, pela primeira vez, são geradas em computador todas as regras e modelos do tratado de arquitectura clássica de Leon Battista Alberti, “De re aedificatoria” (1443-1452). Os objectivos gerais desta investigação foram: a descodificação do tratado, a identificação da sua influência na Arquitectura Portuguesa e seus impactos na teoria, prática e ensino de arquitectura, bem como, a demonstração da possibilidade de conjugar a tradição (simbolizada pelo tratado clássico), com as novas tecnologias, representadas através dos módulos interactivos gerados a partir de gramáticas generativas de forma (KRÜGER,(Ed.). n/a et al, 2014)

No panorama internacional, uma referência especial à investigação para grau de Doutor do arquitecto Orestes Chouchoulas, “Shape evolution - An Algorithmic Method for Conceptual Architectural Design Combining Shape Grammars and Genetic Algorithms” (2003), (figura 17), que faz uma abordagem sobre a evolução de um método que otimiza as fases iniciais de projecto e responde, de forma inovadora, aos problemas que lhe estão inerentes. “As gramáticas de forma actuam como agente modificador da estética e estilo.” (CHOUCHOULAS, 2003)

TABLE 86 MEMOIRES DE L'ACADEMIE ROYALE

DES
NOMBRES.

bres entiers au-dessous du double du plus haut degré. Car icy, c'est comme si on disoit, par exemple, que 111 ou 7 est la somme de quatre, de deux & d'un. Et que 1101 ou 13 est la somme de huit, quatre & un. Cette propriété sert aux Essayeurs pour peser toutes sortes de masses avec peu de poids, & pourroit servir dans les monnoyes pour donner plusieurs valeurs avec peu de pieces.

Cette expression des Nombres étant établie, sert à faire tres-facilement toutes sortes d'operations.

<p>0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 &c.</p>	<p>0 1 10 11 100 101 110 111 1000 1001 1010 1011 1100 1101 1110 1111 10000 10001 10010 10011 10100 10101 10110 10111 11000 11001 11010 11011 11100 11101 11110 11111 100000 &c.</p>	<p>1001 4 10 2 1 1 111 7 & d'un.</p> <p>1000 8 100 4 1 1 0101 13</p> <p>Pour l'Addition ☉ par exemple.</p> $\begin{array}{r} 110 \parallel 6 \\ 111 \parallel 7 \\ \hline 1101 \parallel 13 \end{array} \quad \begin{array}{r} 101 \parallel 5 \\ 1011 \parallel 11 \\ \hline 10000 \parallel 16 \end{array} \quad \begin{array}{r} 1110 \parallel 14 \\ 10001 \parallel 17 \\ \hline 11111 \parallel 31 \end{array}$ <p>Pour la Sou- straction.</p> $\begin{array}{r} 1101 \parallel 13 \\ 111 \parallel 7 \\ \hline 110 \parallel 6 \end{array} \quad \begin{array}{r} 10000 \parallel 16 \\ 1011 \parallel 11 \\ \hline 101 \parallel 5 \end{array} \quad \begin{array}{r} 11111 \parallel 31 \\ 10001 \parallel 17 \\ \hline 1110 \parallel 14 \end{array}$ <p>Pour la Mul- tiplication.</p> $\begin{array}{r} 11 \parallel 3 \\ 11 \parallel 3 \\ \hline 11 \parallel 3 \end{array} \odot \quad \begin{array}{r} 101 \parallel 5 \\ 11 \parallel 3 \\ \hline 101 \parallel 5 \end{array} \quad \begin{array}{r} 101 \parallel 5 \\ 101 \parallel 5 \\ \hline 1010 \parallel 10 \end{array}$ $\begin{array}{r} 1001 \parallel 9 \\ 1111 \parallel 15 \\ \hline 11001 \parallel 25 \end{array}$ <p>Pour la Division.</p> $\begin{array}{r} 15 \parallel 2211 \\ 3 \parallel 2211 \\ \hline 21 \end{array} \left. \begin{array}{l} \\ \\ \end{array} \right\} 101 \parallel 5$ <p>Et toutes ces operations sont si aisées, qu'on n'a jamais besoin de rien essayer ni deviner, comme il faut faire dans la division ordinaire. On n'a point besoin non-plus de rien apprendre par cœur icy, comme il faut faire dans le calcul ordinaire, où il faut sçavoir, par exemple, que 6 & 7 pris ensemble font 13; & que 5 multiplié par 3 donne 15, suivant la Table d'une fois un est un, qu'on appelle Pythagorique. Mais icy tout cela se trouve & se prouve de source, comme l'on voit dans les exemples précédens sous les signes ☉ & ⊙.</p>
---	---	---

Fig. 18 _ Página do artigo "Explication de l'Arithmétique Binaire", de Leibniz.

II. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

ANALÓGICO VS DIGITAL

a-na-ló-gi-co¹, do latim *analogicus*. Que é relativo à analogia, que tem ou se baseia na analogia. O termo analogia sugere uma comparação entre duas coisas, daí vulgarmente chamarmos alguns instrumentos de analógicos, pela relação que estabelecem com bens reais. São, assim, objectos que ao tacto humano serão mais palpáveis, em comparação com os digitais. Os sistemas analógicos usam um intervalo contínuo de valores para representarem a informação, ao contrário dos sistemas digitais, que usam valores descontínuos.

di-gi-tal², do latim *digitalis*, ou *digitus*. Dos dedos ou a eles relativos (ex.: articulações digitais; impressões digitais). Relativo a dígito. Que apresenta dados, resultados ou indicações sob a forma numérica, por oposição a analógico (ex.: máquina digital, relógio digital). A sua origem baseia-se na palavra dígito ou número. Instrumentos digitais trabalham segundo processos de descodificação de códigos numéricos, como por exemplo codificação binária, documentada pela primeira vez por Gottfried Leibniz no artigo “Explication de l’Arithmétique Binaire”, (figura 18) no séc. XVIII ou a codificação alfanumérica ASCII³. Imagens ou sons são transformados em bytes, 0 e 1, de modo a ser possível a sua interpretação. A informação digital encontra-se armazenada em bases de dados, e, através dela, é possível a sua reprodução, transmissão e cópia ilimitada, desde que essa não seja perdida ou corrompida. Podemos, assim, considerar a informação digital como abstracta, dado que esta não é palpável, apenas passível de ser manipulada através de dispositivos, também estes digitais.

Hoje em dia a realidade digital faz parte do nosso quotidiano, onde o que interessa é o desenvolvimento e a rapidez de execução. O mercado é quem dita as regras e as necessidades diárias levam-nos, inevitavelmente, a usar qualquer tipo de sistema e interface digital, sejam eles para nos ajudar a ter acesso à informação, efectuar compras ou vendas online, permitir a interação social com outras pessoas, entre muitos outros exemplos.

A revolução digital veio oferecer maior diversidade, em comparação com a era analógica, mas, ao mesmo tempo, levou a mudanças profundas no comportamento humano. No nosso dia-a-dia vão sendo concebidos novos pensamentos, assimilações e regras que respondem às novas necessidades resultantes do progresso digital. O crescimento é irreversível e todos os dias nos deparamos com a sua pujança.

¹ “**analógico**”, in Dicionário Porto Editora da Língua Portuguesa, 2013, (consultado em 18-09-2017)

² “**digital**”, in Dicionário Porto Editora da Língua Portuguesa, 2013, (consultado em 18-09-2017)

³ **ASCII** _ “American Standard Code for Information Interchange” - é uma forma de código binário que é utilizado em microprocessadores e equipamentos de comunicação de dados

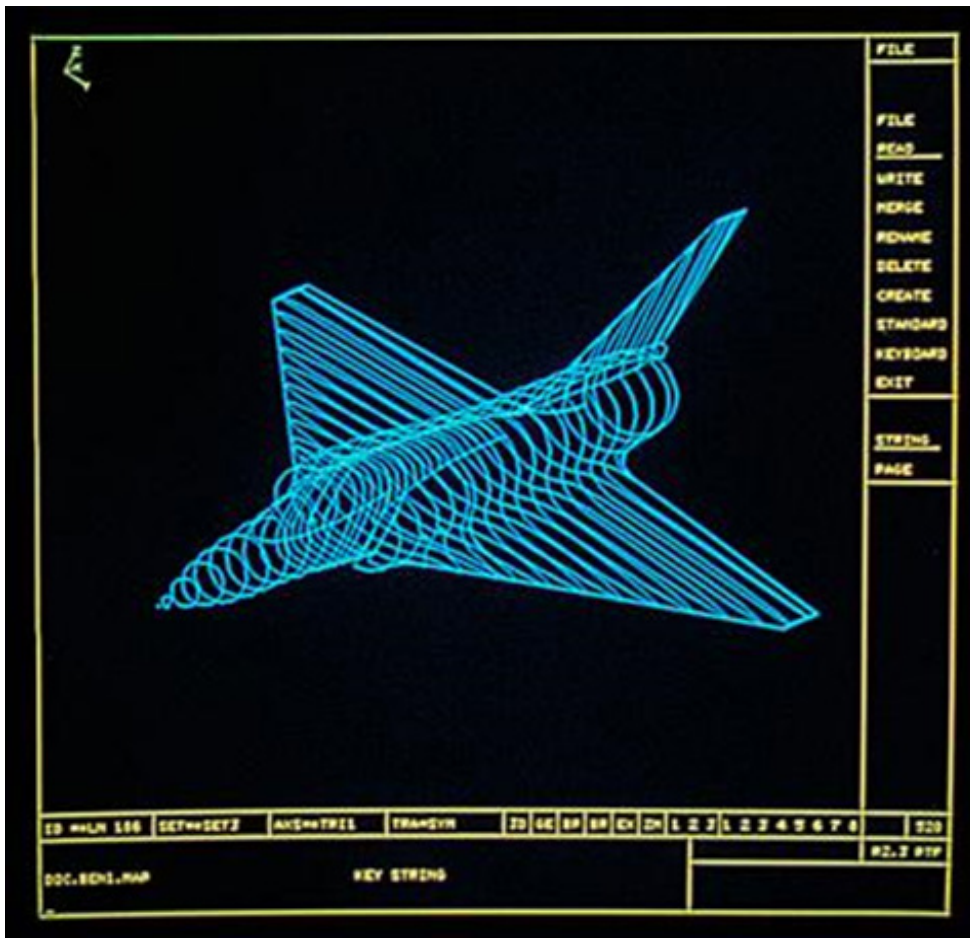


Fig. 19 _ Ambiente virtual do programa CATIA v3, 1988

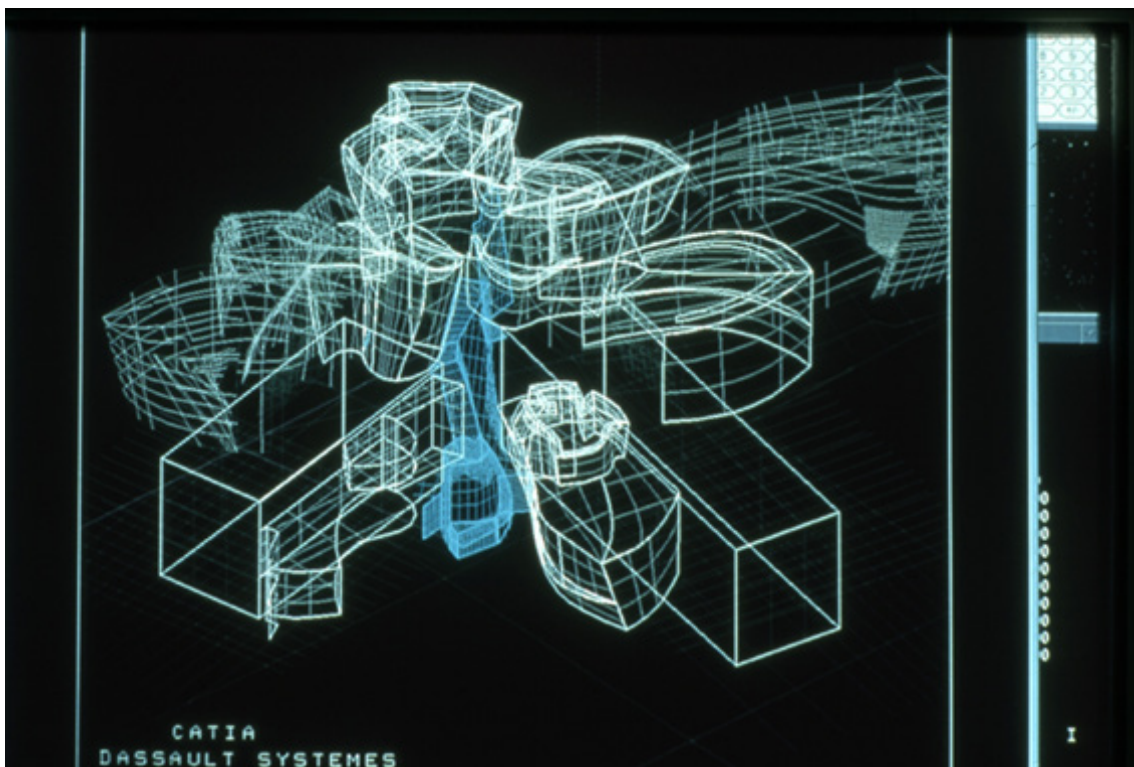


Fig. 20_ Exemplo do projecto do Guggenheim de Bilbao, do arquitecto Frank Gehry no CATIA

O progresso digital também se reflecte na arquitectura. O desenho à mão já não é suficiente para o arquitecto expressar as suas motivações.

Ao longo dos séculos, o Homem tem vindo, através do desenho, a desenvolver formas e a projectar espaços, sendo as ferramentas digitais essenciais para o desenho arquitectónico. É através destas, que são tentadas várias soluções projectuais nos desenhos informais e soltos da procura da forma. Também nos desenhos finais é possível transmitir, com exactidão, toda a informação que é necessário passar a quem está na obra a executar.

Quando pensamos em formas complexas de arquitectos como, Frank Gehry, Zaha Hadid, Jean Nouvel, imediatamente compreendemos que sem o auxílio de ferramentas CAD⁴, seria extremamente difícil a construção de tais modelos. Quase como esculpidas pela mão do arquitecto, estas são obtidas através de múltiplos cálculos, hoje facilitados pela utilização dos computadores. No documentário “*Sketches of Frank Gehry*”⁵, o próprio arquitecto, refere que, a dada altura do seu percurso arquitectónico, percebeu que o desenho bidimensional não chegava para expressar as formas que tinha na sua mente.

“3D opens the door to the world we imagine”⁶
Frank Gehry

Uma vez que, na altura, existiam poucos recursos de software 3D, na arquitectura, Frank Gehry procurou algo que pudesse colmatar essa lacuna. Através do programa CATIA⁷, (figura 19 e 20) desenvolvido para o desenho aeroespacial, Gehry encontrou a possibilidade de transformar as suas formas arquitectónicas mentais, em formas reais que se encontram em ambiente computacional, onde podem ser manipuladas, analisadas e posteriormente fabricadas. Tornou-se, assim, num dos pioneiros a usar software 3D no desenho arquitectónico. É através deste último, que os arquitectos podem controlar custos de produção, testar diferentes possibilidades de formas, pré-analisar cargas de esforços, ventos, exposição solar, etc.

O desenho assistido por computador (CAD) está dividido em programas que apenas possibilitam o desenho em duas dimensões (2D) e nos que possibilitam a criação de modelos em três dimensões (3D), sendo que, hoje em dia, já existem programas que oferecem as duas possibilidades de desenho, onde é possível através do modelo 3D, gerar automaticamente o seu

⁴ CAD _ Desenho assistido por computador (computer aided design), é o nome dado aos sistemas de desenho para arquitectura, engenharia, design, etc

⁵ *Sketches of Frank Gehry* é um documentário americano de 2006 sobre a vida e o trabalho do arquitecto Frank Gehry

⁶ Frase proferida por Frank Gehry no documentário “*Sketches of Frank Gehry*” sobre as infinitas possibilidades do desenho tridimensional. Tradução: “O 3D abre-nos a porta para o mundo que imaginamos”

⁷ CATIA _ “Computer aided three-dimensional interactive application” é um software para design assistido por computador (CAD), fabricação assistida por computador (CAM), engenharia assistida por computador (CAE), PLM e 3D, desenvolvido por a empresa francesa Dassault Systèmes

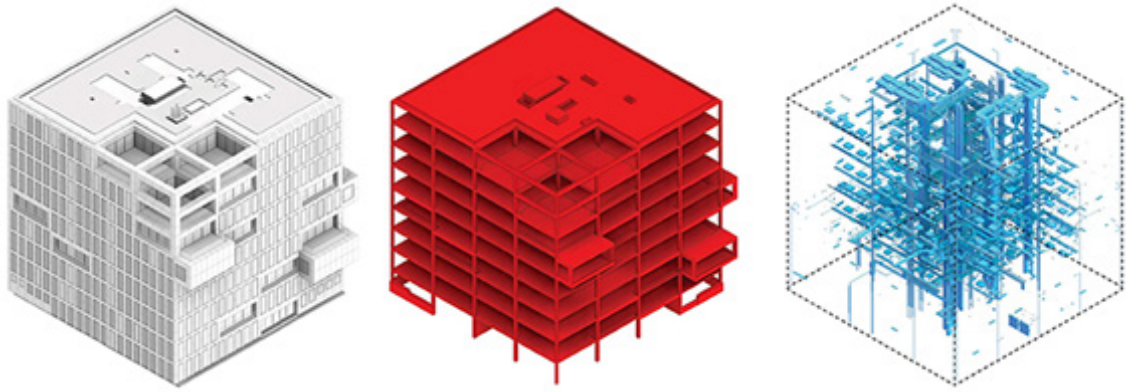


Fig. 21_ Exemplo das várias camadas de estruturas de um edifício no BIM

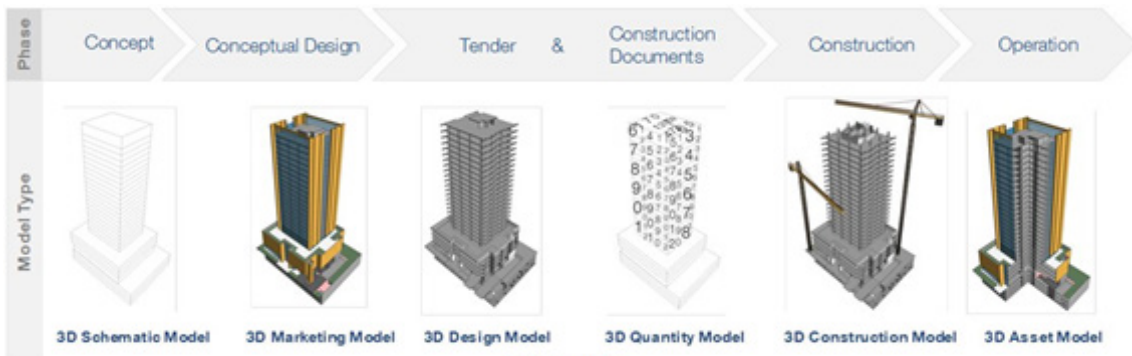


Fig. 22_ Diferentes fases do projecto no BIM

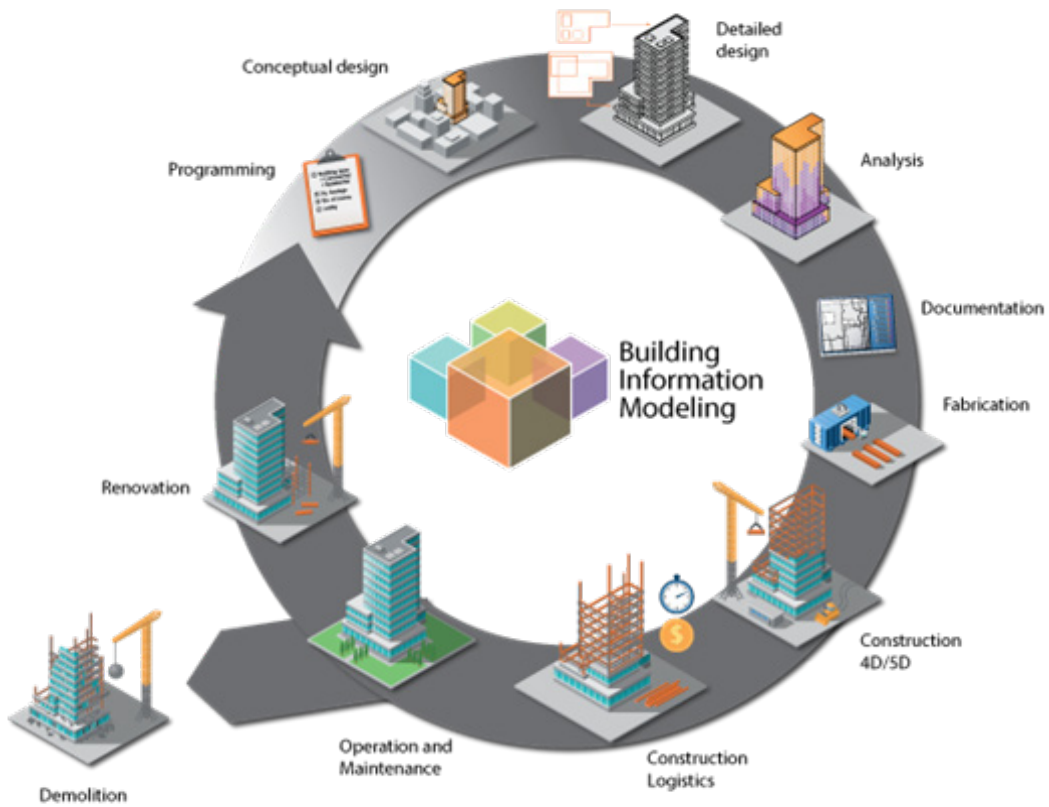


Fig. 23_ Exemplo de várias dimensões do BIM

desenho em 2D.

Dentro dos softwares 3D, podemos encontrar o BIM⁸, que oferece um desenho tridimensional integrado com as variadas engenharias, estruturas, mecânicas, electricidade, etc. O BIM engloba varias valências (figura 21 e 22), sendo elas o desenho geométrico, as propriedades dos materiais aplicados na geometria, informações solares, geográficas, dos ventos, etc. É possível analisar todo o processo construtivo do edifício, desde o início até à sua concretização.

Desde que se começa a modelar um edifício, através das variadas ferramentas existentes no mercado (Revit⁹, Archicad¹⁰, VectorWorks¹¹, etc), tudo o que for colocado no modelo (paredes, lajes, janelas, etc) está automaticamente associado a códigos de texturas, elementos construtivos, etc. Toda a gestão do processo de análise construtiva, tempos de execução, encontram-se quantificados e qualificados no ficheiro.

O BIM rege-se por várias dimensões (figura 23) integradas num único modelo, sendo elas:

. 3D _ A terceira dimensão oferece a possibilidade de desenhar, modelar um objecto ou edifício em três dimensões, analisar estruturas e problemas de conflitos espaciais da arquitectura com outras engenharias.

. 4D _ A quarta dimensão oferece ferramentas que permitem gerir a execução do projecto, comparar situações do modelo tridimensional com o real e interagir com as equipas que estão na obra sobre possíveis alterações ao projecto. Apresenta, assim, uma melhor forma de gestão e planeamento do projecto, uma vez que possibilita que as diversas equipas (construção, engenharia, estrutura, mecânica, electricidade, etc) possam organizar e otimizar os tempos de cada actividade.

. 5D _ A quinta dimensão está associada ao tempo. Relaciona-se com a anterior, uma vez que permite analisar o ritmo de cada actividade, bem como os custos inerentes a cada uma delas. Esta dimensão permite, assim, um desenvolvimento de projecto mais eficaz e sustentável.

. 6D _ A sexta dimensão avalia a eficiência energética dos edifícios. São exploradas questões de estimativas de energia, perspectivando, uma redução global no consumos dos edifícios.

⁸ **BIM** _ “Building Information Modeling” que significa Modelagem da Informação da construção é um conjunto de informações geradas e mantidas durante todo o ciclo de vida de um edifício

⁹ **Revit** _ É um software 3D desenvolvido pela Autodesk para a arquitectura criado dentro do conceito de Modelação das Informações de Construção (BIM)

¹⁰ **Archicad** _ É um software de arquitectura CAD BIM desenvolvido pela Graphisoft

¹¹ **Vectorworks** _ É um software de CAD desenvolvido pela empresa americana Nemetschek, usado para a criação e documentação de projectos de arquitectura

. 7D _ A sétima dimensão do BIM permite fazer a gestão do edifício, após a sua construção. Através dela, é possível fazer uma manutenção mais eficiente dos edifícios, uma vez que toda a informação de projecto, e consequente construção, está guardada em formato digital, sendo possível aceder a esta em qualquer momento, e “ver” o edifício desde a sua concepção até à demolição.

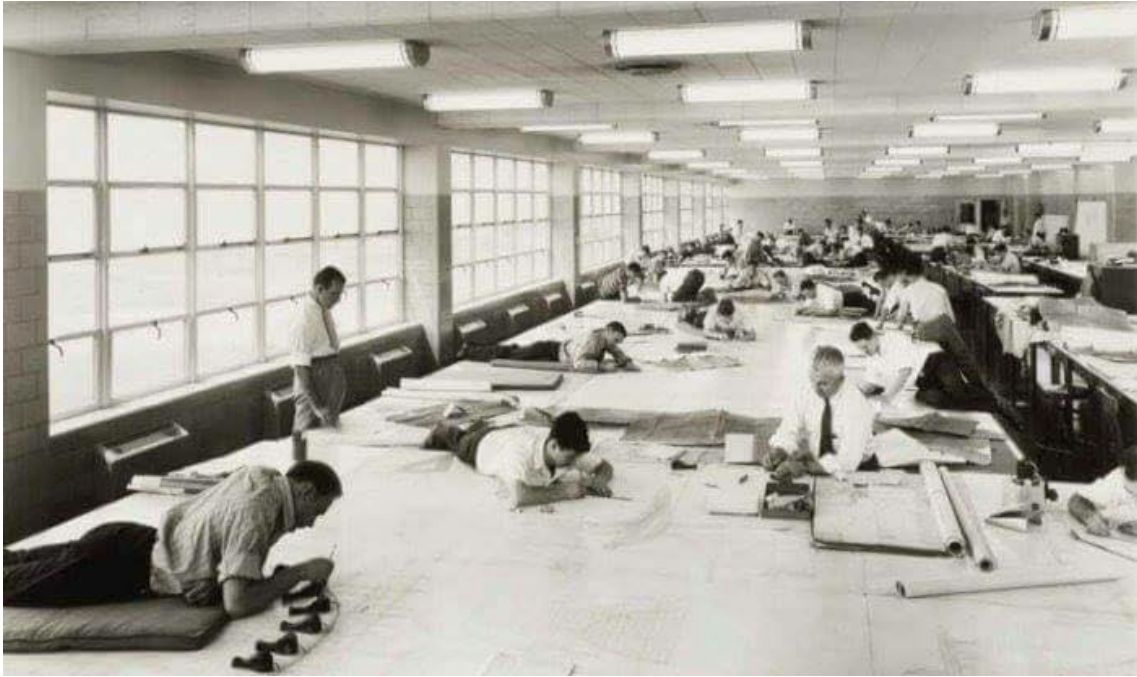


Fig. 24 _ O gabinete de arquitectura antes da utilização de software de desenho

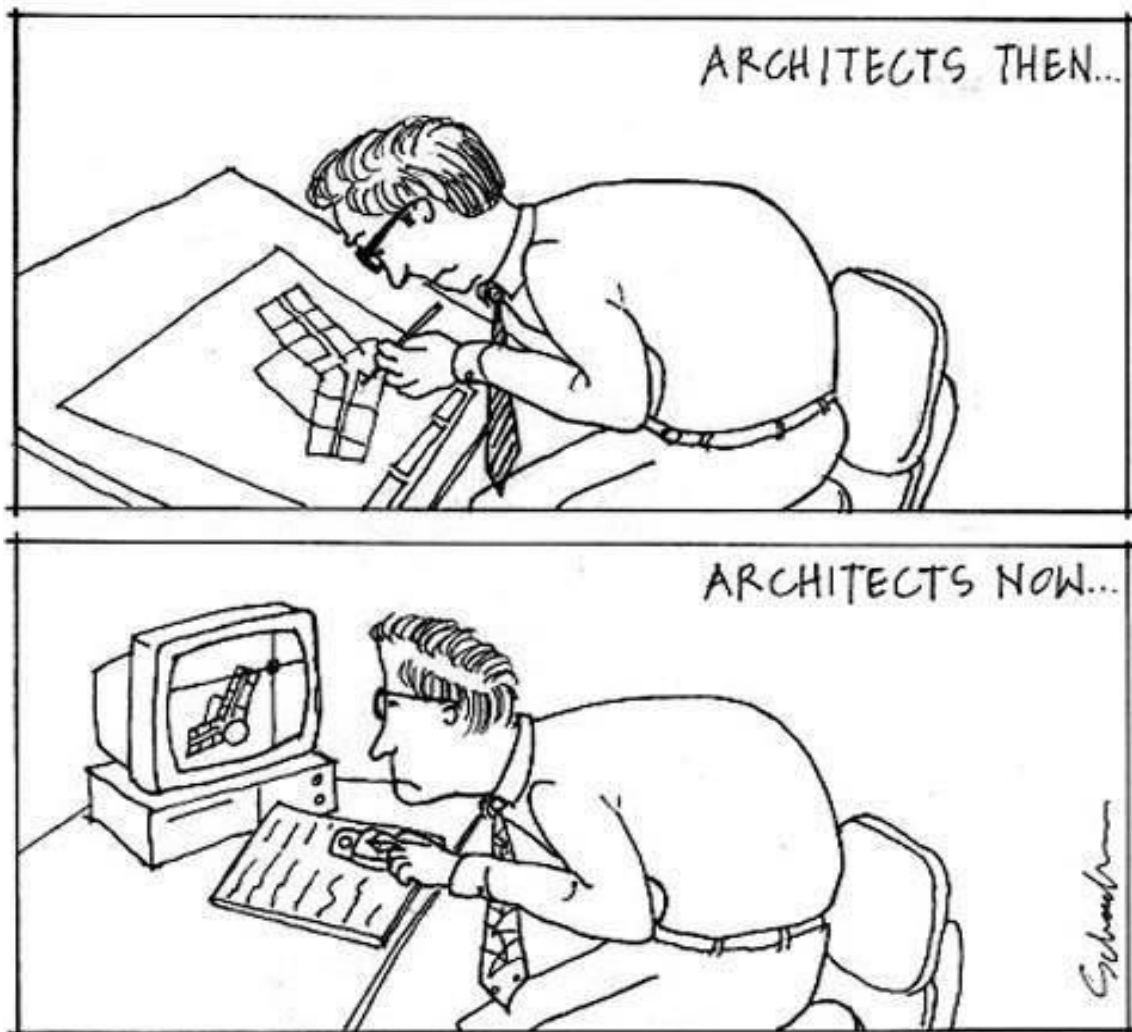


Fig. 25 _ O arquitecto antes e depois da introdução do software de desenho

AS IMPLICAÇÕES DO PROCESSO DIGITAL NA ARQUITECTURA

Até à década de 70 o arquitecto projectava tudo à mão (método analógico), apenas com o recurso a caneta, papel e estirador (figura 24). Qualquer alteração ao projecto revelava-se uma tarefa árdua, pois implicava que se refizesse o trabalho todo, o que se tornava um processo moroso, atrasando o início da obra.

Projectos de grande envergadura implicavam muito material desenhado pela mão do arquitecto, o que requeria muito tempo despendido e muita gente envolvida, aumentando, de forma significativa, a margem de erro humano.

Na actualidade basta o arquitecto ter acesso a um computador (figura 25), em qualquer parte do mundo e pode executar o seu trabalho de projecto, no entanto no passado era necessário este estar fisicamente no seu gabinete que teria de ter alguma dimensão de modo a ter o espaço necessário para as folhas de projecto e todos os modelos.

A introdução do desenho com recurso a software 2D (CAD), foi um avanço extraordinário para a arquitectura, pois alterações ao projecto inicial, eram agora feitas mais facilmente e rapidamente, permitindo manter a parte inalterada. No entanto, embora sendo uma mais valia na elaboração do projecto continuava a manter alguns obstáculos. O cliente tem dificuldade em relacionar os desenhos com a obra a construir e, muitas vezes, só quando esta era executada é que ele se apercebia que a mesma não ia de encontro às suas expectativas.

Nas últimas décadas, a sociedade humana têm evoluído aceleradamente, e, com ela, as suas necessidades diárias e expectativas. Hoje, o ser humano está mais consciente dos seus direitos e reivindica a satisfação das suas exigências de forma célere e eficiente. No que se refere à arquitectura, tal impulso só foi possível graças a uma verdadeira revolução digital.

Na Era Digital, denominada como terceira vaga da evolução humana por Alvin Toffler¹², “a forma como a tecnologia tem vindo a alterar o processo e as ferramentas disponíveis na arquitectura e construção constitui um novo paradigma” (CASTRO; BUENO, 2010).

A forma como as novas tecnologias começaram a ser utilizadas na arquitectura, foi definida, pela primeira vez, por William Mitchell¹³.

A história da informática, aplicada à arquitectura, começou a ser escrita à cerca de 30 anos, mas é fácil perceber as diferentes etapas pelas quais passou esse desenvolvimento, bem

¹² **Alvin Toffler** _ Foi um escritor e futurista norte-americano, conhecido pelos seus livros sobre a revolução digital, a revolução das comunicações e a singularidade tecnológica

¹³ **William Mitchell** _ Foi um autor, educador, arquitecto australiano, mais conhecido por liderar a integração de práticas arquitectónicas e de artes gráficas relacionadas com computação e outras tecnologias

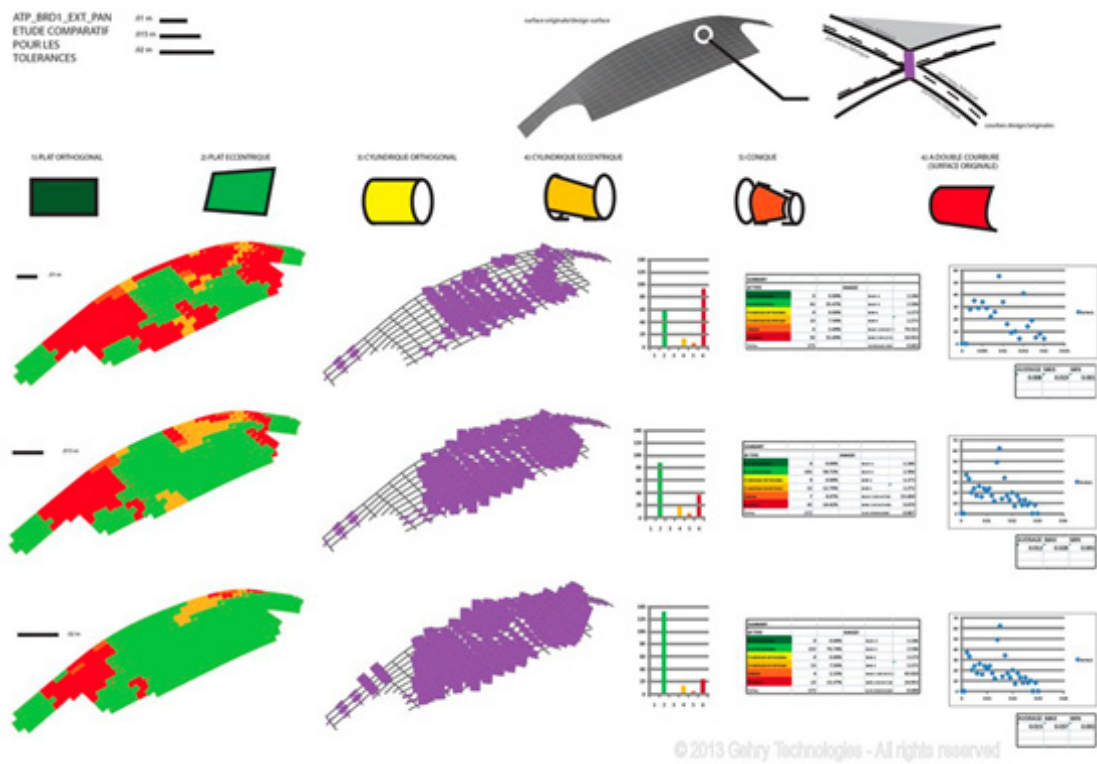


Fig. 26 _ Exemplo de otimização de desenho de painéis de fachada para posterior fabricação por parte da Gehry Technologies

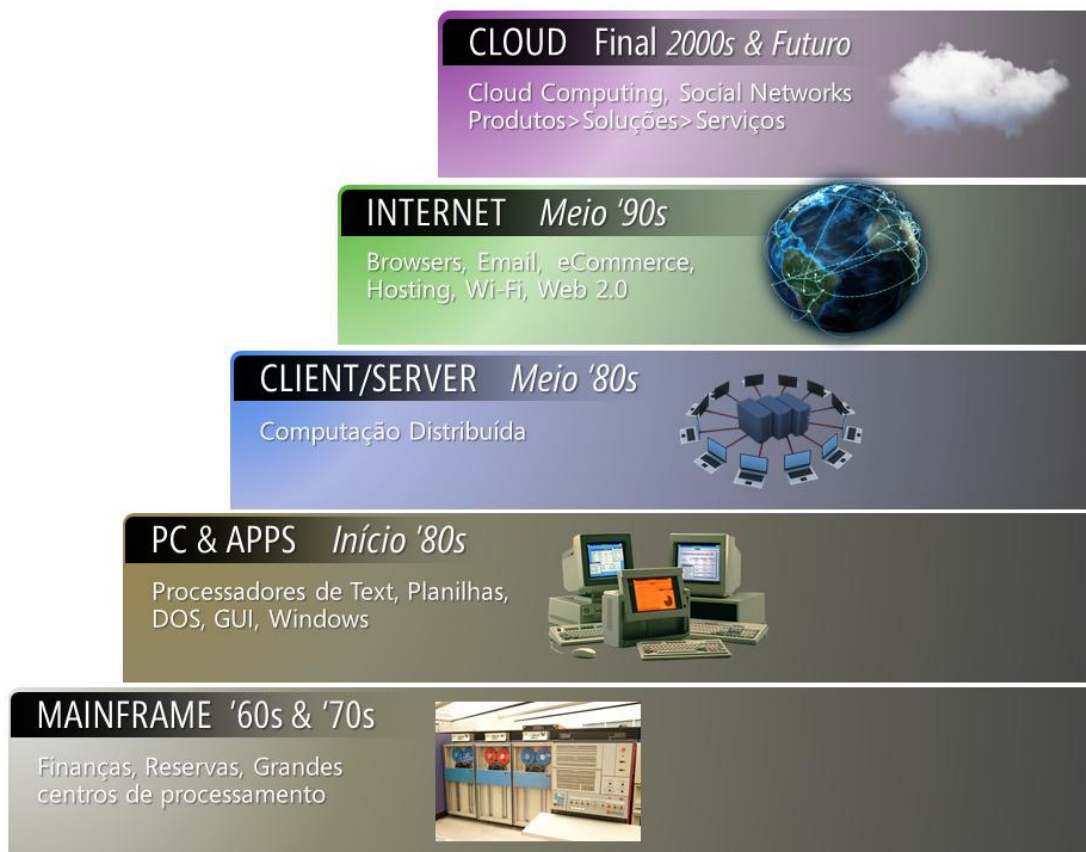


Fig. 27 _ As diferentes fases da arquitectura dentro do meio digital

como a sua implementação. Por volta dos anos 70, a informática surge como uma alternativa ao trabalho mecânico. No início dos anos 80 surgem as primeiras formas de renderização, como tentativa de representar a realidade através de imagens virtuais. Entre os anos 80 e 90 percebe-se que os computadores disponibilizam capacidades de calcular e processar rapidamente complexas fórmulas matemáticas, como qualquer outro tipo de informação. Aparecem, assim, formas de processos generativos, como os modelos paramétricos, morphing, sistemas de desenho evolutivo, etc. (CASTRO; BUENO, 2010).

Nos anos 90 aparecem formas de, através dos modelos desenvolvidos em CAD, fazer análises, bem como simular todo o processo de fabricação (CAD-CAE-CAM). Desde então, com o recurso aos diversos softwares, é possível automatizar produções de materiais para utilizar em obra. Através do desenho da geometria em CAD, é possível fabricar peças, directamente a partir da fábrica, em grandes quantidades (CAM), chegando, assim, à obra prontas para montagem (figura 26) (CASTRO; BUENO, 2010).

A utilização dos diversos softwares, em conjunto, proporcionam uma vantagem clara em relação aos métodos analógicos.

“os arquitectos desenham aquilo que conseguem construir, e constroem aquilo que conseguem desenhar”
William Mitchell

Na entrada do novo milénio, a arquitectura digital toma conta do dia-a-dia dos arquitectos e passa a ser uma nova dimensão que funciona como uma alavancagem para os gabinetes de arquitectura. Continuar agarrado ao passado, acaba por limitar alguns parâmetros, como a inovação e a eficiência. Será utópico idealizar atingir o topo sem ter um background baseado na flexibilidade e inovação, só possível através dos meios digitais.

Hoje, qualquer software de modelação 3D disponibiliza ferramentas e aplicações para dispositivos móveis que permitem a interação do utilizador com o modelo, a partir da Cloud¹⁴ (figura 27), dando a possibilidade de confirmar medidas em obra, aceder a folhas de cálculo, diagramas, etc. Estas ferramentas são importantes, na medida em que ajudam o arquitecto na fiscalização da obra, durante as várias etapas da construção do edifício. A melhor utilização da cloud é, portanto, um factor determinante na arquitectura digital, permitindo uma resposta célere, eficiente e em grande escala (GRIMAS, 2016).

A realidade virtual, hoje também ligada à arquitectura, permite uma nova forma

¹⁴ **Cloud computing** _ É relativo à utilização da memória e capacidade de processamento de dados dos computadores, interligados entre si, através de servidores partilhados na internet em rede. É possível aceder e processar esses mesmos dados em qualquer lugar do mundo sem ser necessário a instalação de programas físicos no computador, daí a comparação com a nuvem



Fig. 28 _ Ambiente de realidade virtual na arquitectura

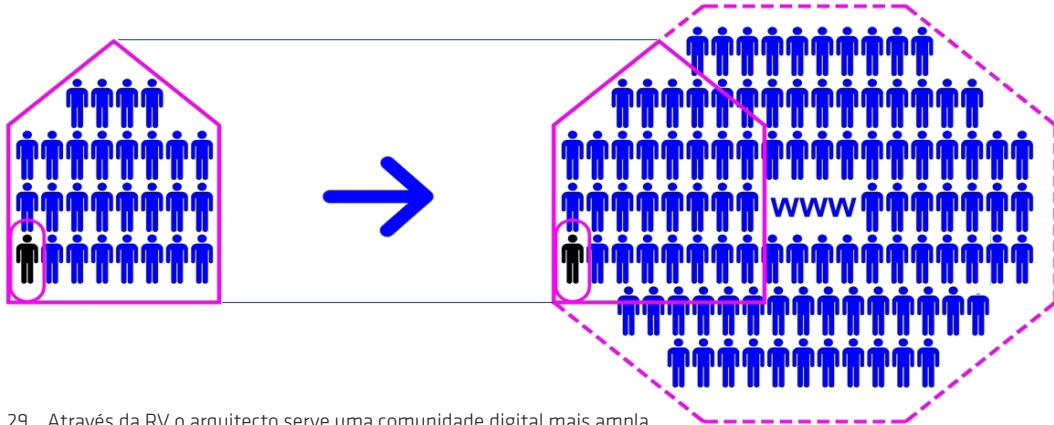


Fig. 29 _ Através da RV o arquitecto serve uma comunidade digital mais ampla



Fig. 30 _ Integração dentro do mundo da realidade virtual

de ver o espaço, dentro do meio digital, o qual acaba por ser misto, uma vez que é composto pela realidade que hoje temos, e pelos conteúdos digitais com os quais interagimos, como filmes, jogos de computador, etc. A realidade virtual constitui, assim, uma nova dimensão nas nossas vidas e através das variadas formas de visualização (Oculus Rift¹⁵, Hololens¹⁶, e Google Cardboard¹⁷), conjuntamente com os programas 3D (figura 28), potencia uma inovadora forma de modelar. A realidade virtual oferece a possibilidade de criar um ambiente, para além de uma tela plana de computador, onde no futuro poderão ser introduzidas novas dinâmicas para melhorar a interacção entre o homem e o meio digital.

Com esta ferramenta, as possibilidades de criação de um mundo digital, aliado ao real, são infinitas e a arquitectura pode ser um agente muito importante, uma vez que permite “ver” para além das barreiras dos espaços físicos (o que os arquitectos sempre fizeram ao longo dos anos) e idealizar algo, antes da sua construção física. Agora, é necessário pensar o espaço digital como um novo campo, onde as regras têm de ser pensadas, independentemente das do mundo real, pois queremos conceber um espaço digital que não seja apenas uma mera réplica do nosso mundo físico.

Assim, a arquitectura tem na realidade virtual uma possibilidade de gerar espaços para uma comunidade digital (figura 29), desenvolver ambientes para organizações digitais, etc, algo que já vem sendo feito ao longo dos anos, para a comunidade real. No entanto, a arquitectura do mundo real está limitada ao espaço físico do planeta, algo que, no caso digital, é quase infinito.

A arquitectura, dentro do ambiente digital, não se cinge à criação de espaços, mas também à forma como esta entende o espaço físico. Dia após dia, vamo-nos integrando nos ambientes 3D (figura 30), em que o utilizador é o centro, e onde não é possível questionar que a arquitectura actuou como um agente importante nessa alteração de paradigma, “O mundo digital precisa de arquitetos, tanto quanto os arquitetos precisam do mundo digital” (MARTÍN, 2016).

¹⁵ **Oculus Rift** _ É um equipamento de realidade virtual (Head-mounted display) para jogos electrónicos, desenvolvido pela Oculus

¹⁶ **Hololens** _ É um equipamento de realidade virtual (Head-mounted display) desenvolvido pela Microsoft

¹⁷ **Google Cardboard** _ É uma plataforma de realidade virtual (VR) desenvolvida pela Google para usar com um smartphone. É um sistema de baixo custo, de cartão que se dobra, para fomentar o interesse e o desenvolvimento de aplicações de realidade virtual aos usuários comuns



Fig. 31 _ Construção da Catedral de Brasília _ 1959

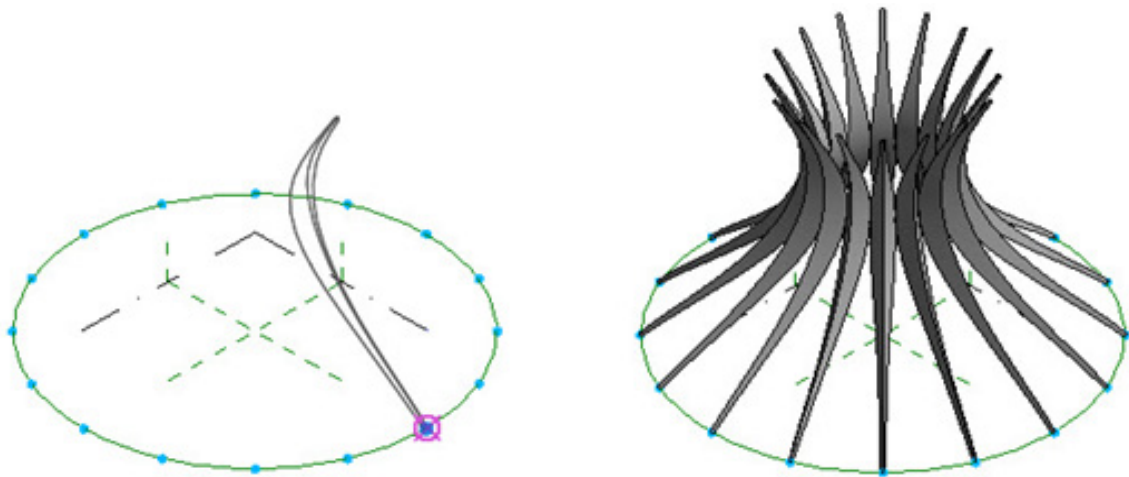


Fig. 32 _ Representação da Catedral de Brasília em software paramétrico



Fig. 33 _ Cúpula do Louvre de Abu Dhabi

III. SISTEMAS GENERATIVOS DE PROJECTO

DESENHO PARAMÉTRICO

O desenho paramétrico é um dos sistemas generativos muito utilizados. As regras compositivas, ao contrário do que acontece nos outros sistemas, são definidas à priori, sendo estas representadas por parâmetros, que, por sua vez, dão lugar a valores para alterarem o seu comportamento. Para obter diversidade de formas, o desenho paramétrico dá a possibilidade de conjugar parâmetros com valores que podem ser, à partida, aleatórios.

Já em 1959, Oscar Niemeyer fez uso deste tipo de recursos no seu projecto para a Catedral de Brasília (figura 31), bem patente nos pilares arqueados que são dispostos no perímetro de duas circunferências, sendo que, ainda não os trabalhou com auxílio de computadores. Na figura 32 é possível ver uma reprodução digital do mesmo projecto, através de software paramétrico digital (Dynamo¹⁸ + Revit), (GODOI, 2008).

A programação dá a possibilidade de, através do código, simular geometrias complexas, baseando-se numa série de regras compositivas que lhe são implementadas, no entanto, é essencial ter presente toda a estrutura e linguagem computacional. Com a possibilidade de usar software livre (como é exemplo a plataforma Grasshopper¹⁹) é mais fácil ao utilizador poder ter acesso a este tipo de programas, o que não acontecia antigamente, com o acima citado CATIA, que era bastante caro, e, conseqüentemente, mais difícil de ser alcançado pelo utilizador comum.

Como exemplo de padrões geométricos gerados por computador, refira-se a cúpula do Louvre de Abu Dhabi - Emirados Árabes Unidos, (figura 33), que surge reproduzida através da plataforma Rhino²⁰ + Grasshopper (figura 34). Começando por estruturas geométricas base, através deste programa, é possível conjugar-las segundo regras de duplicação, rotação, espelho, etc, mediante os parâmetros que o utilizador definir previamente, conforme evidenciado nas figuras 35 e 36, onde está representado um estudo da evolução do padrão geométrico utilizado na cúpula.

A sobreposição de várias camadas de geometria, aparentemente aleatórias (figura

¹⁸ **Dynamo** _ É uma ferramenta de programação visual da Autodesk. Oferece aos usuários a capacidade de visualizar o comportamento do script, definir peças personalizadas de lógica e script usando várias linguagens de programação textuais

¹⁹ **Grasshopper** _ É uma linguagem de programação visual e ambiente desenvolvido pela Robert McNeel & Associates, que funciona dentro do Rhino 3D. É usado principalmente para construir algoritmos generativos. Os usos avançados de Grasshopper incluem modelação paramétrica para engenharia estrutural, modelação paramétrica para arquitectura e fabricação, análise de desempenho e consumos de energia

²⁰ **Rhino 3D** _ É um software de modelação tridimensional baseado na tecnologia NURBS. Desenvolvido pela Robert McNeel & Associates. É usualmente utilizado em diversos ramos de design, em arquitectura e também engenharia mecânica

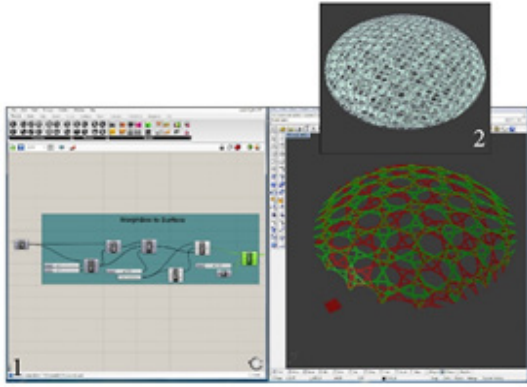


Fig. 34 _ Desenho da cúpula no Rhino + Grasshopper

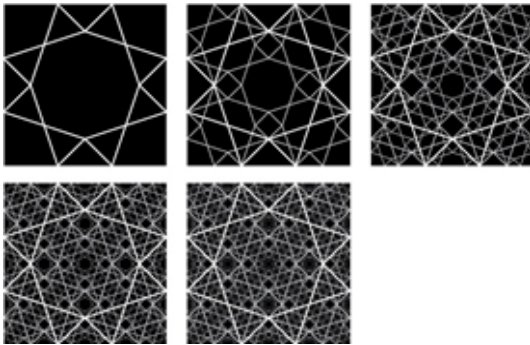
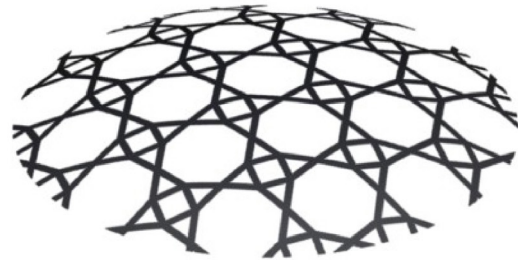
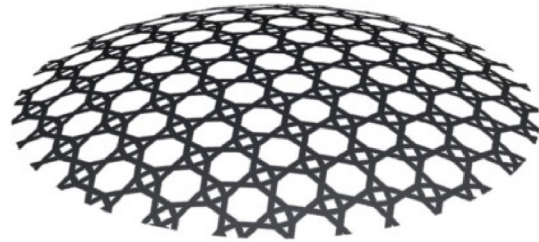
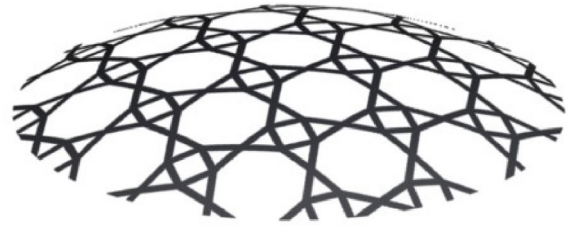


Fig. 35 _ Estudo da duplicação inicial do padrão fractal

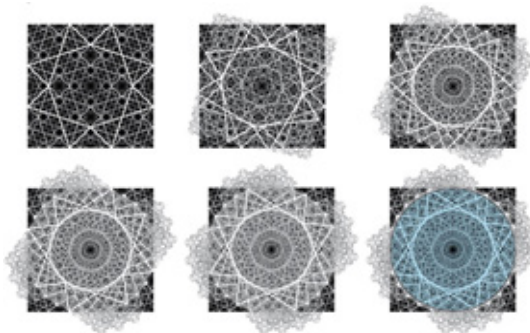


Fig. 36 _ Estudo da duplicação inicial e rotações passo 12,5 graus do padrão fractal

Fig. 37 _ Sobreposição de geometrias na cúpula



Fig. 38 _ Modelo da estrutura e geometria perfurada

37), seguem, na verdade, regras compositivas pensadas pelo arquitecto e passíveis de analisar através deste tipo de plataformas digitais. As aberturas que surgem da ausência de construção da estrutura da cúpula formam um tecido, que, através das suas perfurações, proporcionam uma espectacular entrada de luz controlada, dentro do edifício (figura 38).

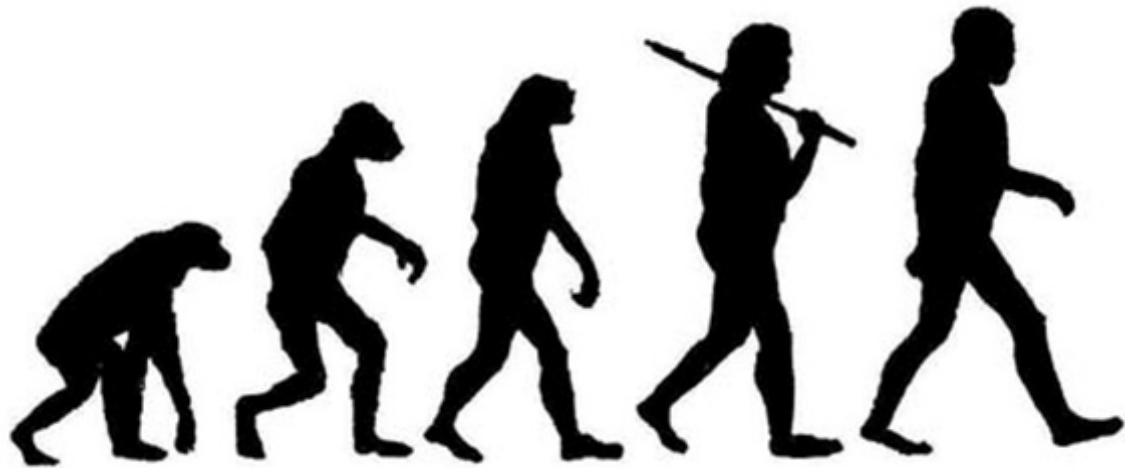


Fig. 39 _ Evolução humana

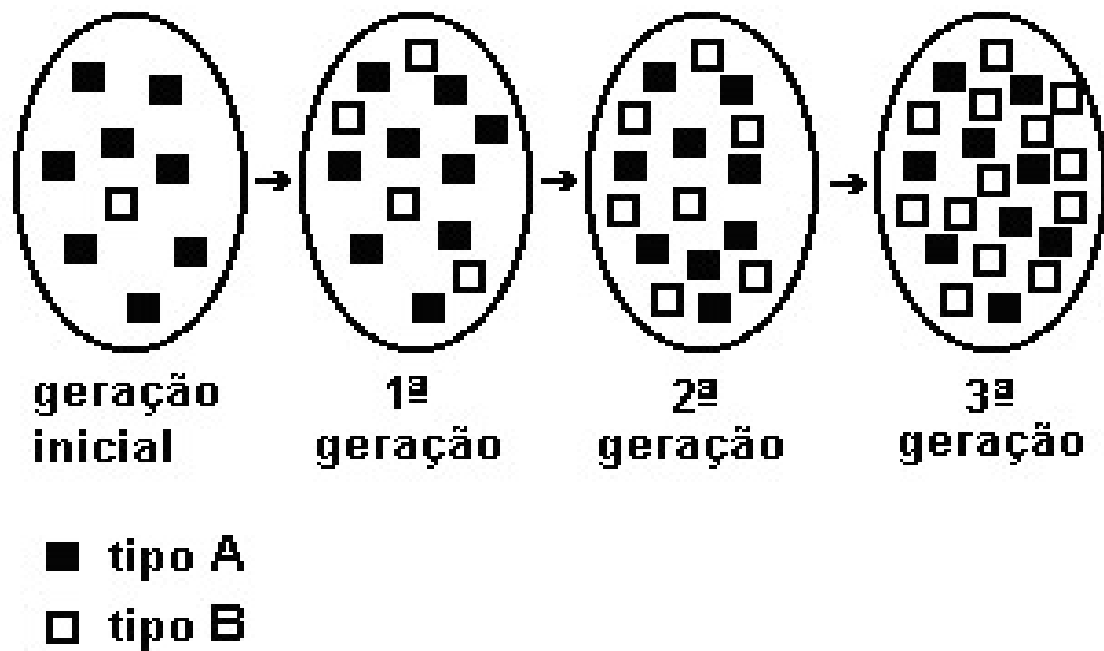


Fig. 40 _ Evolução de uma população ao longo de sucessivas gerações

ALGORITMO GENÉTICO E COMPUTAÇÃO EVOLUTIVA

Algoritmos matemáticos são sequências de raciocínios ou operações que oferecem a solução para certos problemas²¹.

Ao contrário dos algoritmos tradicionais de otimização, “os algoritmos genéticos, de uma maneira geral, podem ser considerados como algoritmos probabilísticos que fornecem um mecanismo de busca paralela e adaptativa baseada na criação de uma população de indivíduos que será submetida a um processo evolutivo” (PACHECO, 1999). Estes, têm sempre subjacente uma base a partir da qual se desenvolvem, apesar de não terem nenhuma antecipação de qual será o resultado final. Mesmo quando o problema está mal formulado, procuram partes da informação, a qual lhes permite chegar a uma solução. Os resultados não são apresentados sob a forma de uma solução única, mas, como um conjunto de soluções (PACHECO, 1999). Estes, não necessitam de nenhum conhecimento derivado do problema, mas sim de uma forma de avaliação dos resultados. Assentam na codificação do conjunto das soluções possíveis e não nos parâmetros de otimização dos mesmos. Os resultados não são apresentados sob a forma de uma solução única, mas, como um conjunto de soluções (PACHECO, 1999).

Algoritmos genéticos são sistemas generativos inspirados nas Ciências Biológicas, e, mais concretamente, nos pressupostos da teoria da evolução de Darwin (figura 39).

Segundo Darwin, dentro de uma população há variabilidade (figura 40). Em função desta, quando expostos a alterações ambientais, alguns indivíduos estão mais aptos nas novas condições do meio. Por seleção natural, os mais aptos reproduzem-se mais, deixam mais descendentes, fazendo aumentar a incidência das suas características na população, ao longo de sucessivas gerações. Os menos aptos vivem menos tempo, não se reproduzem, ou reproduzem-se menos, sendo sucessivamente eliminados do meio os indivíduos com estas características. (DARWIN, Pag 96-97, 1859)

Com o avanço dos conhecimentos sobre Hereditariedade e o surgimento da Genética (ramo da Biologia que se dedica ao estudo da estrutura e função dos genes e sua transmissão à descendência), passou a associar-se as características dos indivíduos à expressão da informação contida nos genes. O genótipo é a representação simbólica da informação genética responsável pelo fenótipo de um indivíduo, ou seja, das suas características físicas.

Na maioria da espécies com reprodução sexuada, a diversidade de genes é muito grande, o que leva a que o número de combinações possíveis desses genes seja infinita. Fenómenos como, meiose e fecundação, aumentam a variabilidade genética das populações. Também as mutações

²¹ **“algoritmos”**, in Dicionário Online de Português, 2008-2013, (consultado em 25-10-2017)

Saída: Indivíduo com maior aptidão

início

Cria população inicial;

enquanto não atingir o critério de parada **faça**

 Calcula aptidão dos indivíduos da população;

para cada indivíduo na população **faça**

 Faz a seleção dos pais;

 Faz o cruzamento dos pais;

 Faz a mutação dos filhos;

para cada filho inválido **faça**

 Repara indivíduo;

fim

fim

 Atualiza população com novos filhos;

fim

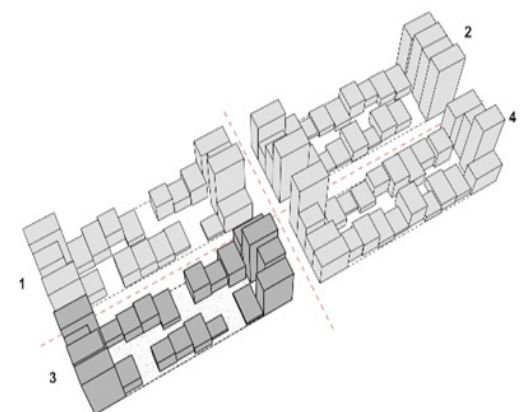
retorna indivíduo com maior aptidão da população;

fim

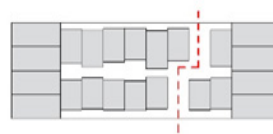
Fig. 41 _ Algoritmo genético canônico

[Manhattan Commissioners' Plan - 1811]

Individual - Super Block

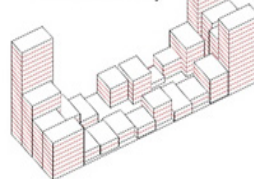


Create pedestrian paths inside the blocks

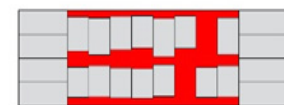


FITNESS CRITERIA

F1 Increase density



F2 Increase courtyard area



F3 Increase ground level solar exposure

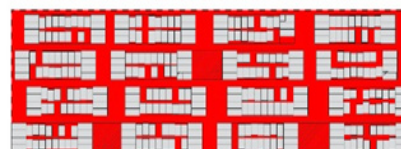


Fig. 42 _ Criação de blocos urbanos gerados por algoritmos genéticos

contribuem para o aumento da diversidade de genes, ao possibilitarem a introdução da novidade genética numa população, o que, conseqüentemente, se pode traduzir no surgimento de novas e inesperadas características físicas, – novos fenótipos. Os indivíduos portadores destes novos conjuntos génicos ficam expostas às condições do meio, sendo que, se estes são vantajosos, traduzem-se em características que os tornam mais aptos e, dessa forma, reproduzem-se mais e deixam mais descendência, aumentando a frequência relativa desses fenótipos no meio. Ao longo de sucessivas gerações a população vai-se tornando mais homogénea e mais adaptada àquelas condições ambientais. Ao fim de muitas gerações, o seu fundo genético vai-se alterando sucessivamente e, a certa altura, pode distanciar-se de tal forma da população ancestral, quer em termos genéticos, quer em termos fenotípicos, que podemos dizer que surgiu uma nova espécie – houve evolução.

A Biologia Evolutiva é uma ciência recente que se debruça sobre o processo evolutivo dos seres vivos, através da análise comparativa da sua maior ou menor proximidade genética. O processo evolutivo, referente à versão canónica do algoritmo genético, está representado na figura 41.

Dada a tão grande diversidade de genes de uma determinada espécie é praticamente impossível gerar todas as combinações entre eles, então, geram-se aleatoriamente muitas combinações e depois testa-se o resultado de cada uma delas.

As primeiras aplicações de algoritmos genéticos na Arquitectura começaram na década 70, com John Holland²². O grande diferencial dessa técnica consiste na possibilidade de resolver problemas de optimização e classificação através de conceitos oriundos da natureza (HOLLAND, 1975). A utilização de conceitos da Biologia Evolutiva e o seu transporte para a Computação permite resolver questões de Arquitectura e pode ser aplicado na resolução de problemas urbanos complexos, usando critérios previamente selecionados. Termos biológicos como, populações, cruzamento, reprodução, gene, genótipo e fenótipo, são utilizados para definir cada elemento e a sua função no algoritmo.

A aplicação do conceito de Computação Evolutiva está exemplificada no estudo feito no Mestrado Emtech da Architectural Association, baseado no trabalho já desenvolvido, “Manhattan Commissioners Plan” de 1811, sendo este desenvolvido através do software Rhino + Grasshopper, que, posteriormente, foi analisado por algoritmos genéticos do plugin Octopus (figura 42), (CARONE, 2016).

²² **John Henry Holland** (1929 - 2015) _ Foi um cientista e professor americano. É conhecido por ter sido o criador dos algoritmos genéticos, sendo também pioneiro no estudo de sistemas complexos e da ciência não-linear

Gene Pool

- ↕ A - Floors 6 to 20 [1]
- ↕ B - Floors 0 to 6 [2]
- ↕ C - Offset 0.0 to 10.0m [1]
- ↕ D - Offset 0.0 to 5.0m [2]
- ↕ E - Offset 18.0 to 30.5m [2]

Strategy

3th Generation

Elitism	0.50
Mutation Probability	0.00
Mutation Rate	0.50
Crossover Rate	0.50
Population Size	10

4th Generation

Elitism	0.50
Mutation Probability	0.25
Mutation Rate	0.50
Crossover Rate	0.60
Population Size	10

5th Generation

Elitism	0.20
Mutation Probability	0.50
Mutation Rate	0.50
Crossover Rate	0.80
Population Size	10

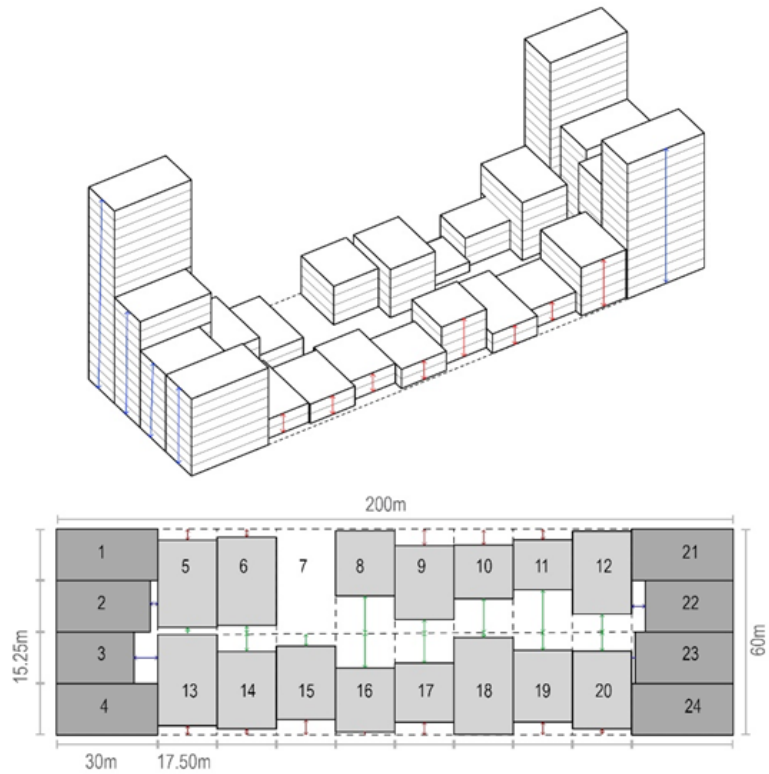


Fig. 43 _ Definição dos genes e estratégia de cruzamento para cada geração

Body Plan

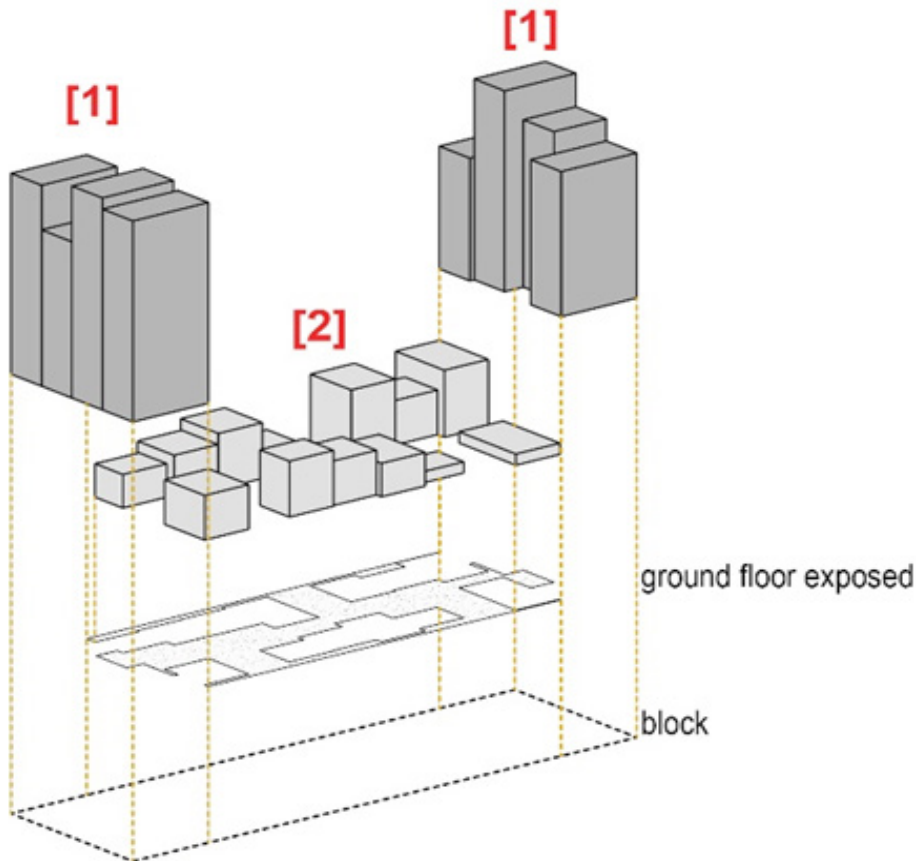


Fig. 44 _ Divisão do bloco. Os genes actuam de forma diferente em cada elemento

No exemplo citado, foram previamente selecionados os seguintes critérios: aumentar o número de edifícios, reduzir as áreas de fachada, criar passagens entre os lotes, e potenciar ao máximo a exposição solar. Neste contexto, o software analisa e trabalha os grupos de populações que se vão gerando ao longo de várias gerações, com o objectivo de conseguir obter a melhor resposta ao problema que lhe é colocado (CARONE, 2016). Desta forma, facilmente se percebe que há possibilidade de resolver problemas da arquitectura e do urbanismo com múltiplas variáveis, de uma maneira eficaz e num curto espaço de tempo (CARONE, 2016).

Para este experimento, o software foi programado de forma a criar 16 blocos (figuras 43 e 44), sendo que, as respostas foram as melhores possíveis dentro dos parâmetros de análise de todas as relações entre blocos, de modo a apresentar: bons resultados a nível de volume de blocos, baixa área de fachada e melhor exposição solar (CARONE, 2016).

Numa sociedade cada vez mais exigente, a computação tem dado um apoio muito importante na área da arquitectura e do urbanismo, assim sendo, as soluções que sejam mais detalhadas e rápidas, e que ofereçam o máximo de informação, serão indispensáveis para um desenho coerente da arquitectura, sejam elas habitações, redes de transportes, urbanismo, etc. (CARONE, 2016).

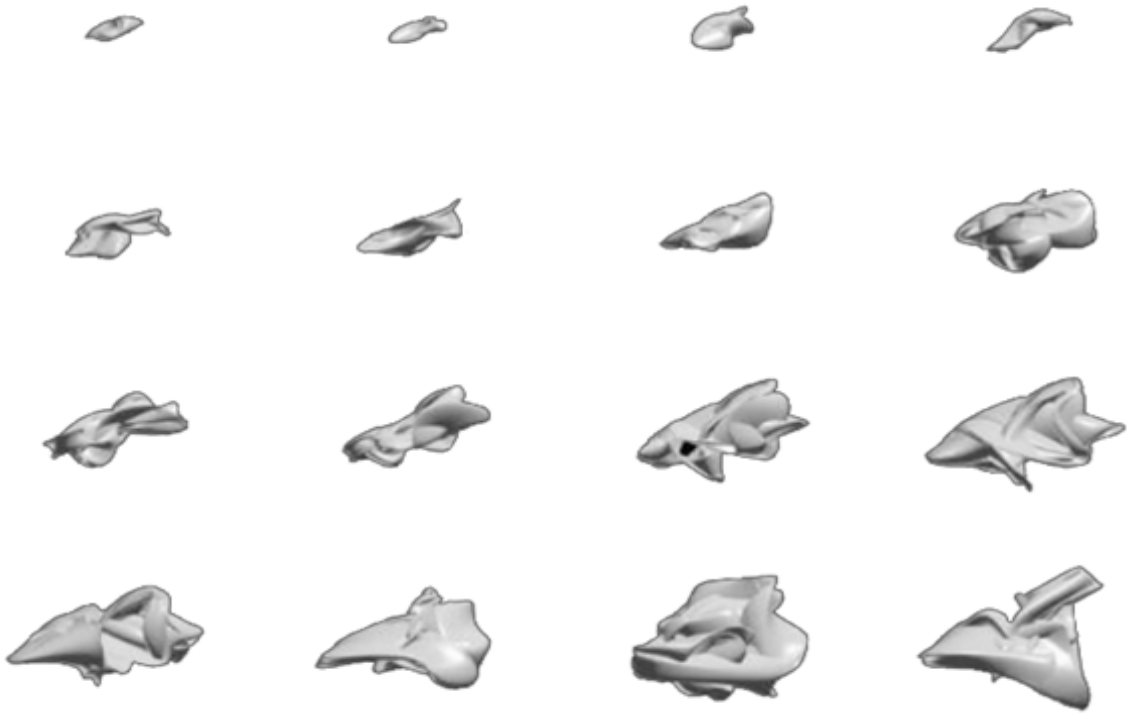


Fig. 45 _ Diagrama representativo da evolução de uma forma

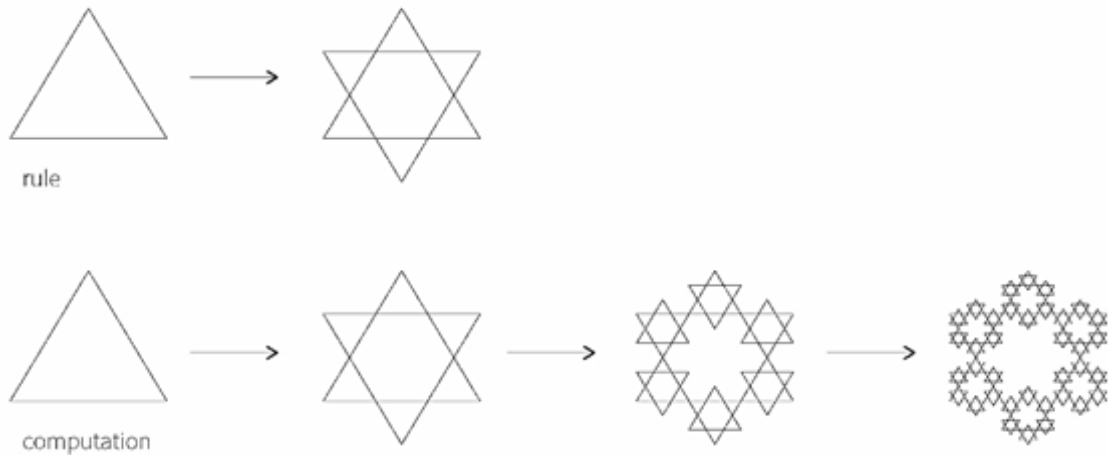


Fig. 46 _ Evolução de uma gramática de forma

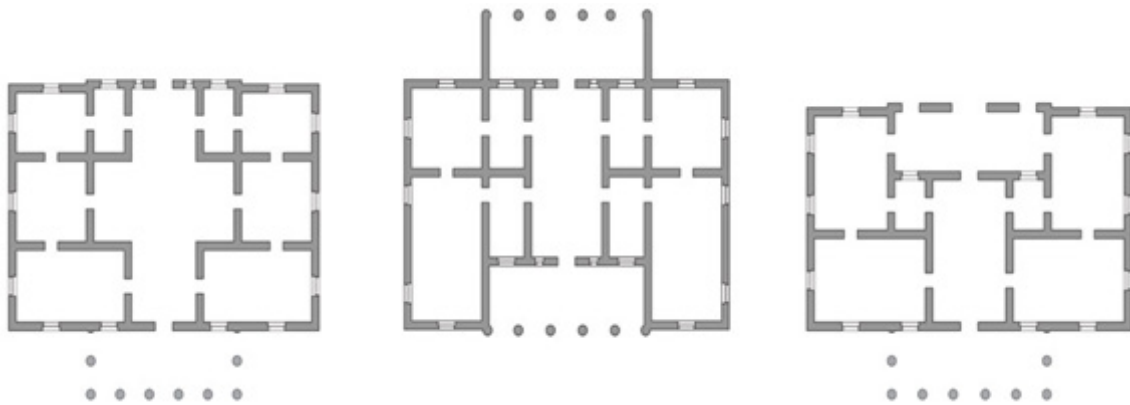


Fig. 47 _ Villas de Andrea Palladio

GRAMÁTICAS DE FORMA

Nos anos 70, surgiu, pela mão de George Stiny e James Gips, uma nova metodologia, que auxiliava o arquitecto na concepção do projecto de forma generativa, a chamada gramática de forma (shape grammar), idealizada e exposta no artigo “Shape Grammars and the Generative Specification of Painting and Sculpture” dos arquitectos acima citados (STINY; GIPS, 1972). Baseada na gramática generativa de Noam Chomsky, de 1957 (Celani et al, n.d.), era caracterizada por ser um método onde são geradas variadas formas, baseadas em regras determinadas (figuras 45 e 46).

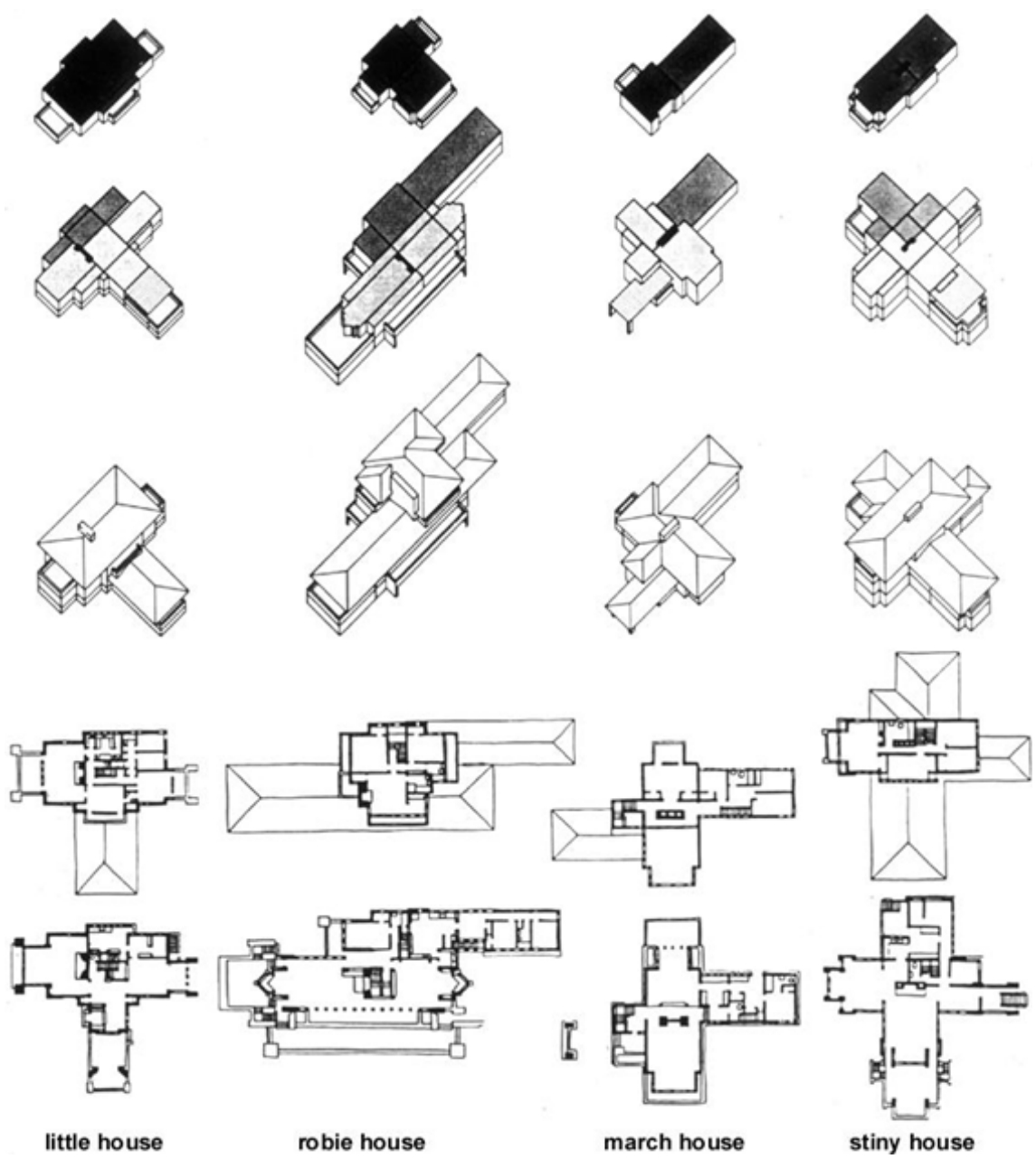
Da mesma forma que na linguística, também uma gramática tem regras que a estruturam. De acordo com Stiny (1980) uma gramática de formas é composta por 4 elementos, sendo eles:

- . um conjunto limitado de formas, o qual é chamado de vocabulário;
- . um conjunto limitado de símbolos;
- . um conjunto limitado de regras da forma;
- . uma forma classificada (com um símbolo), que dá início ao uso das regras.

As aplicações das gramáticas de forma prendem-se com análises de conjuntos arquitectónicos, dando como exemplo as villas de Andrea Palladio (STINY; MITCHELL, 1978) (figura 47), as casas da pradaria de Frank Lloyd Wright (KONING; EIZENBERG, 1981) (figura 48), bem como o já acima citado conjunto das casas da Malagueira de Siza Vieira (DUARTE, 2001), tendo, este último, sido realizado em ambiente computacional. As gramáticas de forma passam, assim, a ser o novo modelo usado para analisar linguagens arquitectónicas, uma vez que se debruçam sobre as composições arquitectónicas, a partir da sua estrutura e lógica internas, e não sobre questões como, restrições históricas, climáticas, etc.

As gramáticas de forma introduzem uma dinâmica e sentido ao projecto, que, de certa forma, marca uma diferença relativamente aos outros métodos de projecto. É privilegiado o processo de desenho e respectivos princípios compositivos, ao contrário de outros métodos que dão mais ênfase à forma final, dando assim a possibilidade de criar variadas formas, através de um conjunto base de regras (KNIGHT, 1999).

As gramáticas podem ser divididas em dois tipos, sendo elas originais ou analíticas. As gramáticas originais têm como finalidade a geração de novas linguagens projectuais, ao passo que as analíticas exploram os diferentes tipos de desenho arquitectónico, dando assim a oportunidade



little house

robie house

march house

stiny house

Fig. 48 _ Casas de Frank Lloyd Wright

de gerar, tanto as ordens existentes, como novas ordens, baseadas nas mesmas regras. A sua aplicação serve-se, muitas das vezes, do parametrismo. A introdução de regras parametrizadas oferece a possibilidade de definir formas a partir de variações que são introduzidas através de valores para cada regra base, originando, assim, uma maior diversidade de possibilidades dentro de cada regra, e conseqüentemente, um maior número de formas (STINY, 1976).

Regra 1		Polígono de 3 lados → 1 Polígono de 3 lados e 1 polígono de 4 lados	<p>Aplicação das regras</p>
Regra 2		Polígono de 4 lados → 2 Polígonos de 4 lados	
Regra 3		Polígono de 4 lados → 1 Polígono de 3 lados e 1 polígono de 5 lados	
Regra 4		Polígono de 5 lados → 1 Polígono de 4 lados e 1 polígono de 5 lados	
Regra 5		Polígono de Polígono de 4 lados → Polígono de 3 lados	

Fig. 49 _ Exemplo de gramática paramétrica nas janelas tradicionais chinesas

Relação espacial	Gramática da forma	
	Regras para mesma relação espacial	Posição inicial
	Diferentes posições dos marcadores	
	→	
	→	
	→	
	→	
	→	
	→	
	→	
	→	

Fig. 50 _ Gramática da forma com a utilização dos blocos de Froebel

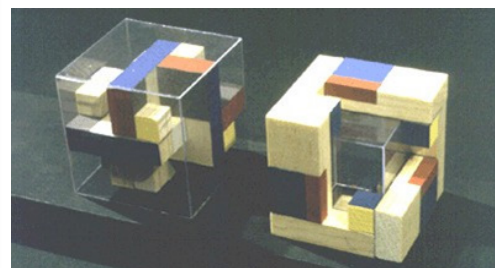


Fig. 51 _ Projecto de Wei-Cheng Chang que utiliza cores para a redução da simetria dos blocos

TIPOS DE GRAMÁTICAS DE FORMA

Gramática da forma analítica e original

As gramáticas de forma surgiram com o intuito de gerar formas originais para a artes como a pintura e escultura (STINY; GIPS, 1972). No entanto, segundo Stiny na publicação “Ice-ray: a note on the generation of Chinese lattice designs”, na arquitetura, estas começaram a ser utilizadas para analisar modelos arquitectónicos já construídos, dos quais eram retiradas as regras que os integram, permitindo gerar novos modelos, a partir do estilo inicial.

Assim, uma gramática de forma permite extrair do modelo que serviu de base todas as suas características e regras, as quais, combinadas de forma diversificada, originam novos modelos baseados no modelo inicial (GODOI, 2008).

Gramática da forma paramétrica

De acordo com Pinto Duarte (2007), a gramática de forma paramétrica pressupõe que uma regra por si só, inclua um conjunto de regras, uma vez que, a quantificação dos seus parâmetros não está previamente definida, possibilitando, assim, a sua definição apenas no momento da execução. Desta forma é possível, a partir de uma mesma gramática, obter uma grande diversidade e complexidade de soluções (GODOI, 2008). A figura 49 evidencia que a diferente localização da divisão dos polígonos permite a geração de uma multiplicidade de modelos.

Gramática com marcadores (labels)

Os marcadores, também designados labels, são marcas aplicadas às formas para reduzir a sua ordem de simetria (GODOI, 2008). A sua utilização limita a forma como as regras são aplicadas, no entanto, possibilita uma melhor monitorização dos resultados, tal como representado na Figura 50, (GODOI, 2008).

Gramática da cor

Como a sua designação indicia, este tipo de gramática de forma utiliza cores ao invés de marcadores (as cited in Godoi, 2008). Foi concebida por Knight (1993, 1994) e o seu maior benefício é poderem ser usadas em “regras de decoração”, onde outros elementos podem ser introduzidos nas áreas coloridas, (Figura 51), (GODOI, 2008).



Fig. 52 _ Unité D'Habitation de Marselha

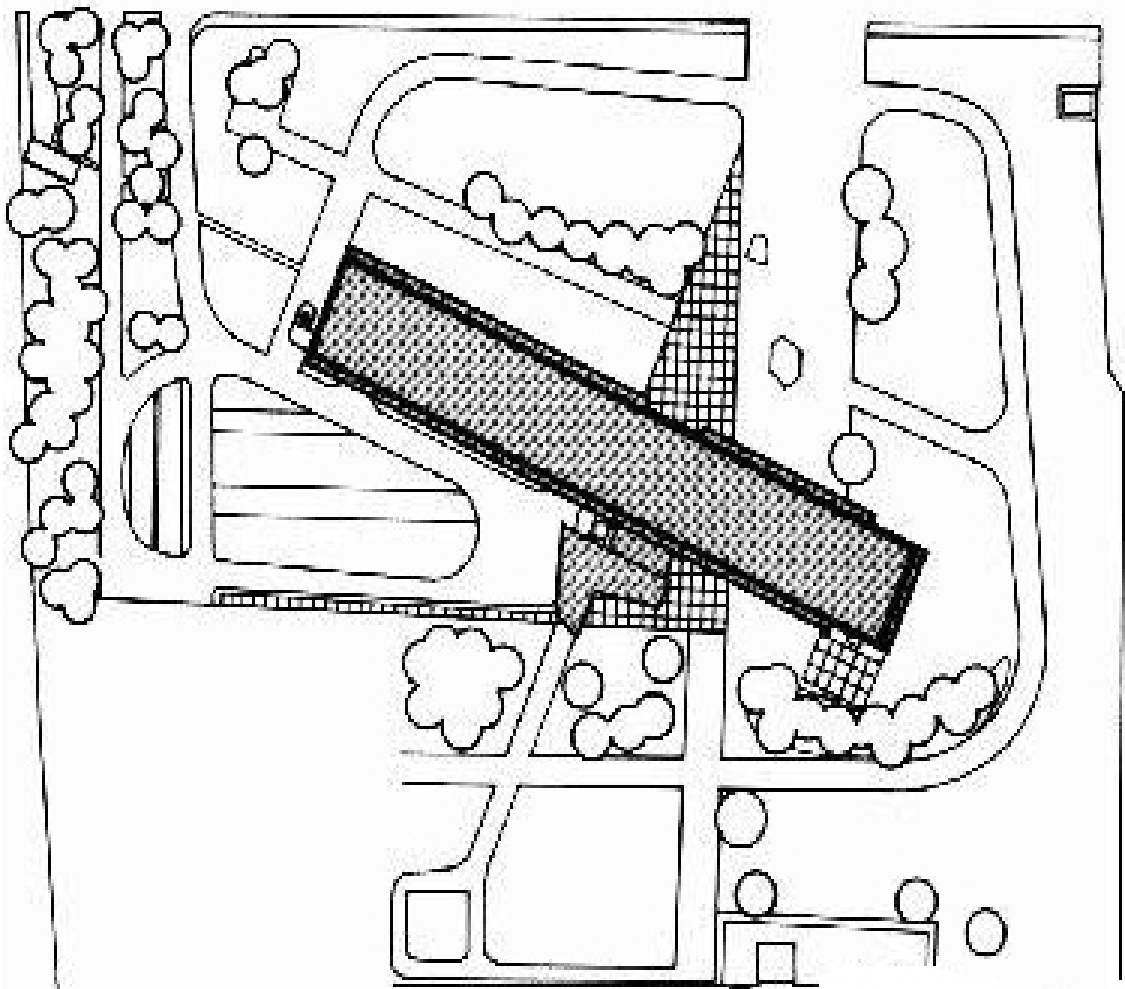


Fig. 53 _ Planta de implantação da Unité na sua relação com a envolvente

IV. UNITÉ D'HABITATION vs VM HOUSES

MODULARIDADE NA UNITÉ D'HABITATION DE MARSELHA

Na sequência da II Guerra Mundial manifestou-se uma urgência em reerguer os edifícios e cidades que foram destruídas, havendo, assim, necessidade de criar grandes complexos habitacionais que respondessem às necessidades dos desalojados (SBRIGLIO, 2004).

As necessidades de habitação em França eram muito grandes, uma vez que se calculava que cerca de 32.000 famílias tinham perdido as suas casas e estavam a viver em condições muito precárias, grande parte delas habitando em bairros de lata, na cidade de Marselha, aos quais se dava o nome de *bidonville* (SBRIGLIO, 2004).

Como resposta a este problema, surge, por intermédio do Estado Francês, um pedido para que *Le Corbusier* projecte um complexo na área circundante do porto da cidade, com o propósito de realojar a população deslocada. Surge, assim, a *Unité d'Habitation* de Marselha (figura 52), um complexo que acabou por se tornar o símbolo da reconstrução do pós-guerra e um marco importante no que é o modernismo na história da arquitectura mundial (SBRIGLIO, 2004). Assim, Marselha, considerada a segunda maior cidade francesa, encontrou, através de *Le Corbusier*, uma forma de regeneração urbana assente em dois pontos fundamentais: a reconstrução da área circundante ao porto da cidade "*Vieux-Port*" e a construção da *Unité d'Habitation* de Marselha (SBRIGLIO, 2004).

O local de implantação da obra (figura 53) resultou de uma análise entre quatro possíveis terrenos, sendo o seleccionado uma fracção quadrada, num ligeiro declive virado para o mar e para as colinas de Marselha, circundada pelo *Boulevard Michelet*, condicionantes que levaram *Le Corbusier* a estudar as melhores formas de adaptar as entradas e fachadas do edifício. A sua construção foi iniciada em 14 de Outubro de 1947 e concluída em Outubro de 1952 (SBRIGLIO, 2004).

O espaço na qual a *Unité d'Habitation* está inserido foi repartido em três zonas, que além de constituírem a área circundante do edifício, têm, também, o intuito de o fazer sobressair (SBRIGLIO, 2004).

A primeira zona resume-se a um jardim que funciona como uma entrada para o edifício, sendo que, para reforçar o eixo que segue até à entrada, *Le Corbusier* idealizou um pátio à dimensão da obra, que em tudo se identifica com as proporções do Modulor, e em perfeito equilíbrio com a dimensão humana, as quais estão evidenciadas nas figuras gravadas no betão (SBRIGLIO, 2004).



Fig. 54 _ Edifício Narkomfin de Moisei Ginzburg, Moscovo



Fig. 55 _ Edifício Bergpolder de Brinkmann e Van der Vlugt, Roterdão

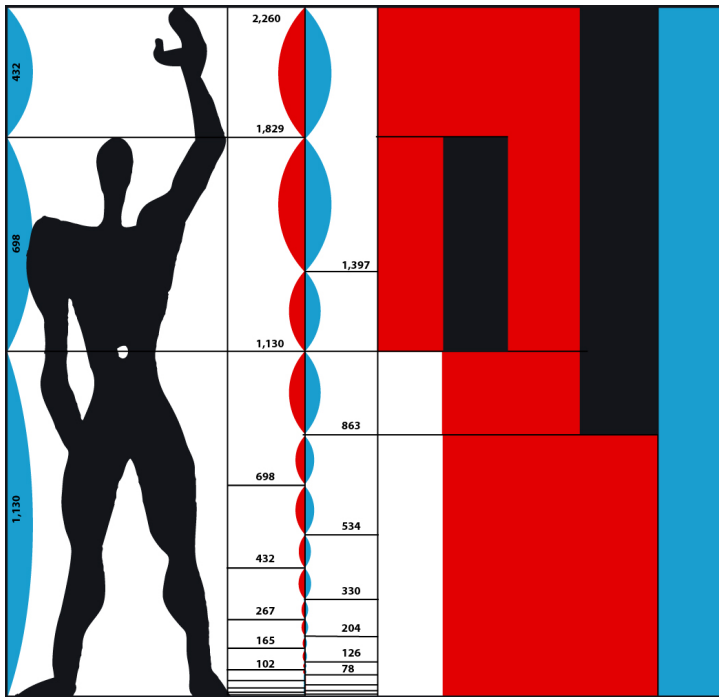


Fig. 56 _ Diagrama do Modulor, estudo das dimensões do corpo humano efectuado por Le Corbusier

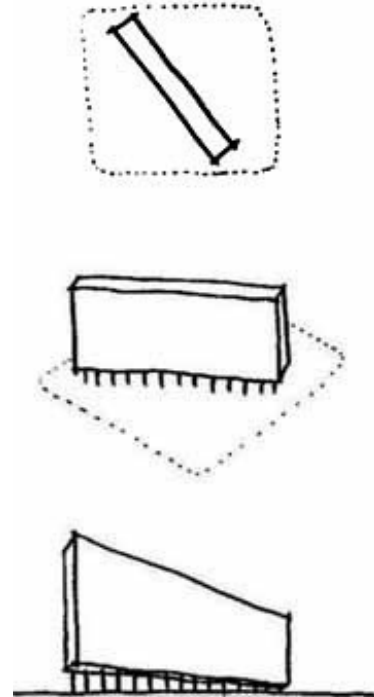


Fig. 57 _ Exemplo do edifício-cidade



Fig. 58 _ Corte perspectivo do edifício, mostrando a forma de agregação dos apartamentos

A segunda zona encontra-se próxima da fachada oeste da *Unité*, e é um espaço que foi idealizado para a prática desportiva de quem a habitava.

A terceira zona é destinada ao estacionamento automóvel, sendo composta por um parque arborizado e, ainda, por garagens (SBRIGLIO, 2004).

A *Unité d'Habitation* aparece como um modelo para responder ao problema do alojamento colectivo, onde num edifício se concentram vários tipos de serviços que oferecem uma condição de cidade a uma população de 1600 pessoas, sendo, assim, transposta para este projecto a ideia da *Cité Radieuse* (1935), onde se pretendia simular a vida urbana, dentro de um edifício (SBRIGLIO, 2004).

Ao longo de 30 anos, *Le Corbusier* estuda e recebe influências de vários arquitectos, que lhe são muito úteis aquando da realização da obra, as quais se basearam no alojamento colectivo, na densidade populacional e residencial, no crescimento da indústria da área circundante e, ainda, no mobiliário interior das habitações (SBRIGLIO, 2004). Para a execução do projecto, *Le Corbusier* baseou-se nos apartamentos duplex dos arquitectos russos Moisei Ginzburg (figura 54) e Ignace Milinis, na standartização francesa, na essência da cidade vertical alemã, e, ainda, no bloco de apartamentos Bergpolder (figura 55) dos arquitectos holandeses Brinkmann e Van der Vlugt (VEDRENNE, 2003; MONTANER, 2002). A *Unité* é assim considerada uma fusão dessas várias influências, onde o espaço público entra no privado e vice-versa (SBRIGLIO, 2004).

A *Unité d'Habitation* foi desenhada por *Le Corbusier* como uma experiência em que foram postas em prática todas as suas pesquisas ao nível das medidas do corpo humano e a sua relação com o meio envolvente, protagonizadas no Modulor (figura 56), sendo esta obra uma referência mundial, dado ter sido pensada para a escala humana de quem a habita (SBRIGLIO, 2004). É possível encontrar as suas medidas, desde o mais pequeno apontamento até ao seu todo, passando pelo especial dimensionamento das células habitacionais (SBRIGLIO, 2004).

Sendo idealizada para funcionar como um edifício independente, a *Unité d'Habitation* é desenvolvida segundo várias premissas que levam a que surjam uma série de serviços dentro do próprio edifício, os quais lhe conferem a capacidade de funcionar como uma cidade (figura 57) (SBRIGLIO, 2004).

Resume-se a um conjunto de células habitacionais (simples ou duplex), de algumas tipologias, estruturado com galerias e corredores interiores (figura 58), um piso com serviços, e, ainda, uma cobertura com piscina, creche, teatro, ginásio e pista de corrida (SBRIGLIO, 2004), de forma a que os seus usuários pudessem encontrar no edifício, tudo o que é suposto termos à disposição numa cidade, característica que veio a revelar-se fundamental, pois o edifício

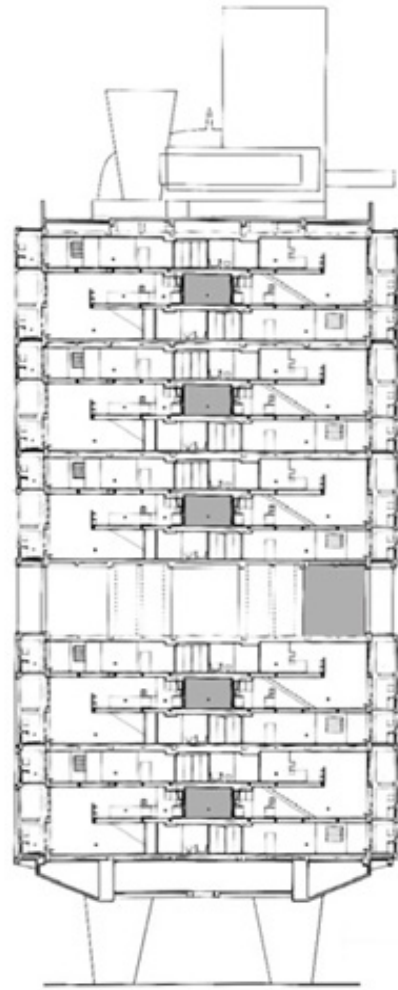
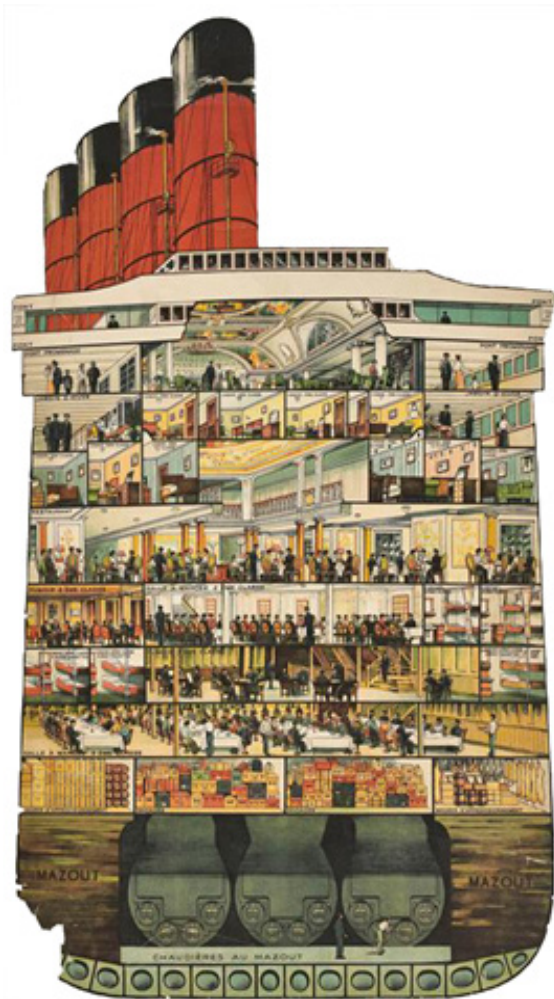


Fig. 59 e 60 _ Comparação entre um corte de um navio e o corte da *Unité D'Habitation*

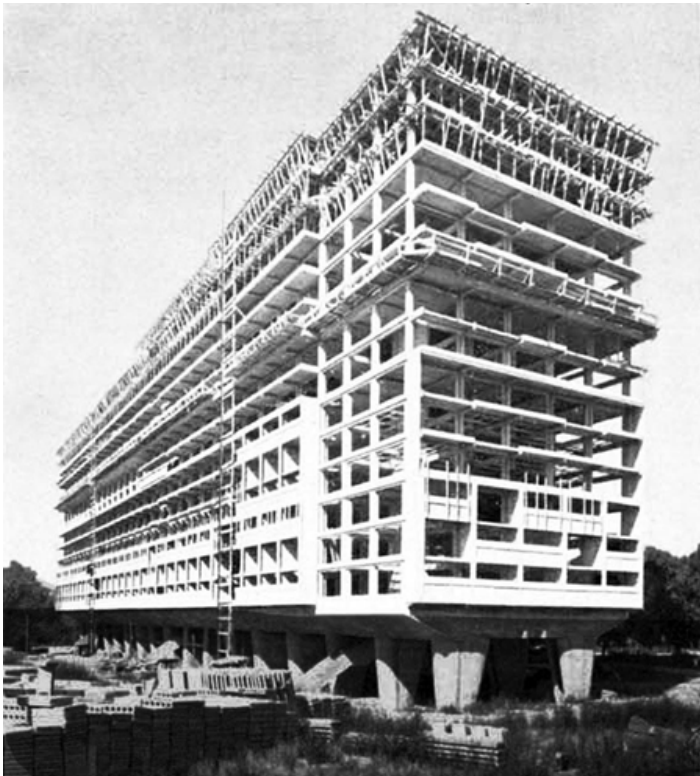


Fig. 61 _ Construção da *Unité*, com estrutura de betão armado



Fig. 62 _ Alto relevo da figura humana do Modulor no betão

concentrava todos os serviços essenciais à rotina diária. Durante a segunda Guerra Mundial, a cidade foi um bastião da resistência contra o regime Nazi, e aqui ocorreu, em 1943, a Batalha de Marselha, da qual resultou a sua destruição parcial (nomeadamente na zona do porto, onde foi implantada a *Unité d'Habitation*).

O edifício é visto abstractamente como um grande navio (figuras 59 e 60), dada a forma que apresenta e alguns pormenores relacionados com as suas fachadas, assim como o seu conteúdo mais técnico (equipamentos e infraestruturas técnicas). Possui 140 m de comprimento, 24 m de largura e 56 m de altura, e é composto por 17 pisos e por 337 células habitacionais, sendo elas distribuídas por cinco tipologias diferentes, que vão desde estúdios até aos apartamentos maiores, destinados a famílias numerosas, tendo uma ou duas orientações (BALTANÁS, 2005). É formado por uma estrutura integrada de betão armado e aço (figura 61), onde aparecem lajes de três em três pisos, combinada com uma estrutura metálica, que o “partem” em quatro partes por três juntas de dilatação que atravessam toda a sua altura (SBRIGLIO, 2004).

Apesar de ser bastante horizontal, há uma quebra a meia altura do edifício, que dá origem a uma galeria interior, a “rua comercial”, onde um pé direito duplo oferece mais de 20 serviços, sendo eles: lavandaria, livraria, bar, enfermaria, farmácia, uma pequena mercearia, restaurante e, ainda, um hotel com 18 quartos (SBRIGLIO, 2004).

O rés-do-chão é de planta livre com *pilotis*²³ que suporta o piso imediatamente acima, que funciona como uma área de infraestruturas técnicas que percorre todo o edifício, constituída por “uma malha de vigas longitudinais e transversais que define a estrutura primária sobre a qual se apoia toda a estrutura secundária que contém os apartamentos” (SBRIGLIO, 2004) e pode ser comparado com o porão de um navio, numa alusão às áreas técnicas que ocupam os fundos das embarcações (SBRIGLIO, 2004).

O elemento essencial do edifício é a sua materialidade, o betão aparente nas suas fachadas, *pilotis*, etc. A opção por este material foi motivada pela falta de recursos no período que se seguiu à guerra, limitando assim a poucos materiais a concepção estética do edifício. Esta condicionante funciona para *Le Corbusier* como uma forma de experimentação de diversas sensações plásticas (figura 62), que tão bem aplica, dando, assim, origem a uma dinâmica muito original nas fachadas da *Unité d'Habitation* (BALTANÁS, 2005).

Da mesma maneira que *Le Corbusier* projectou o detalhe do edifício como um todo, as fachadas têm assim uma grande importância e formam um elemento essencial na leitura do edifício (BALTANÁS, 2005). Dada a grande exposição solar a que as fachadas este e oeste

²³ **Pilotis** _ É um sistema de pilares que elevam o prédio do chão, permitindo a passagem por baixo, um dos cinco pontos da arquitectura moderna de *Le Corbusier*

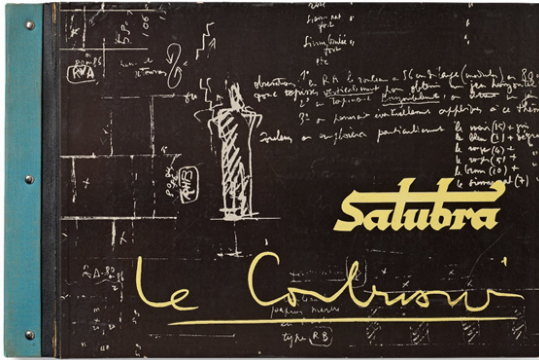


Fig. 63 _ Paleta de cores Salubra

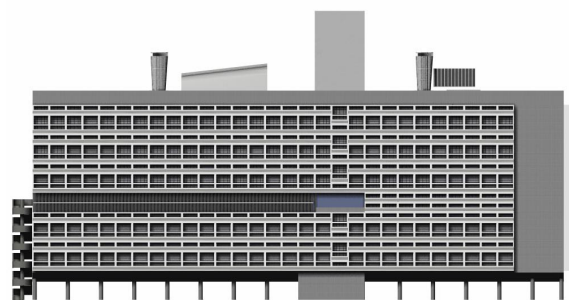


Fig. 64 _ Ritmo da fachada da Unité

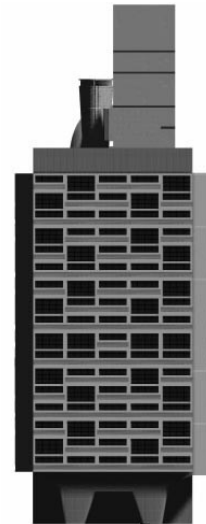


Fig. 65 _ Le Corbusier junto a um desenho conceptual de da organização da Unité

Figura. 66 _ Fachada sul da Unité



Fig. 67 _ Entrada principal

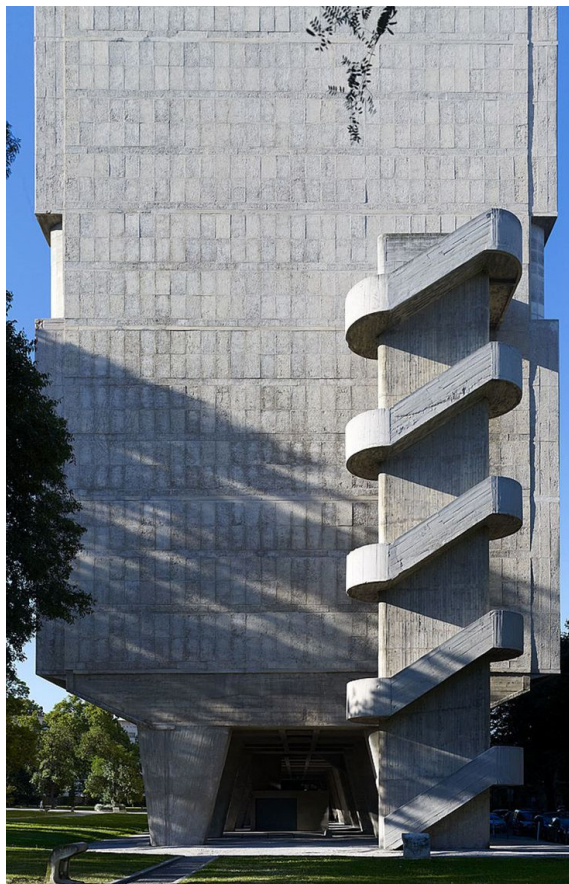


Fig. 68 _ Fachada norte e a sua relação com a envolvente

estão expostas, foi criado um sistema de controlo de luminosidade, o *brise-soleil*, que impedia a entrada de luz directa no verão, sem condicionar a sua entrada no inverno de forma a aquecer o interior do edifício (BALTANÁS, 2005). Este, aparece aplicado nas fachadas em duas formas distintas, sendo elas: lâminas verticais de betão que formam uma grande janela ao comprimento, e painéis de betão pré-moldado que formam o guarda-corpos das varandas de cada apartamento (BALTANÁS, 2005), características frequentes nas obras de *Le Corbusier*.

Também a cor constitui um elemento forte na definição das fachadas e zonas intersticiais da *Unité d'Habitation*, tendo, *Le Corbusier* desenvolvido uma paleta de cores para as suas obras, a qual denominou de *Salubra* (figura 63) (SBRIGLIO, 2004). A utilização da cor nas varandas estabelece uma forma de individualizar os apartamentos e permite que, ao olhar para o edifício, o observador se centre no geral e se desvie do particular, tendo como objectivo que este veja a fachada como um todo, e desvie a atenção de alguns erros de proporção resultantes da não utilização do Modulor (SBRIGLIO, 2004).

A fachada Este (figura 64 e 67) é considerada a fachada principal do edifício, dada a sua posição estar directamente relacionada com os espaços exteriores da *Unité* e com o *Boulevard Michelet* (SBRIGLIO, 2004). Os pontos mais relevantes são a “floresta” de *pilotis* alinhados no embasamento do edifício, a verticalidade da torre dos elevadores, que é parte constituinte da fachada, e, ainda, a métrica das paredes das varandas que acaba por criar um ritmo na fachada, bem como o nível da galeria, que introduz uma dinâmica horizontal, quebrando essa regra vertical marcada pelas paredes das varandas (SBRIGLIO, 2004).

A fachada Sul (figura 66) é suportada por dois *pilotis* e tem a particularidade de não suportar apartamentos transversais, mas apenas os apartamentos com metade do comprimento dos restantes (SBRIGLIO, 2004). É caracterizada pelas suas varandas e ainda por seis níveis horizontais que fazem a divisão dos apartamentos (SBRIGLIO, 2004).

A fachada Oeste distingue-se pela sua forma rectangular alongada em comprimento, e é composta por uma grande quantidade de varandas que marcam, tanto o ritmo da fachada, como a presença disseminada dos respectivos apartamentos duplex (SBRIGLIO, 2004). A meia altura sobressai uma grande caixa que assinala a existência de apartamentos de uma tipologia diferente (SBRIGLIO, 2004).

A fachada Norte (figura 68) é a fachada cega da *Unité*, na qual são visíveis os recortes dos elementos da cobertura, bem como, num primeiro plano, as escadas de emergência em betão, que, além da sua função essencial, são também um elemento escultórico (SBRIGLIO, 2004).

Dentro do edifício, *Le Corbusier* criou um espaço que é muito mais do que um simples

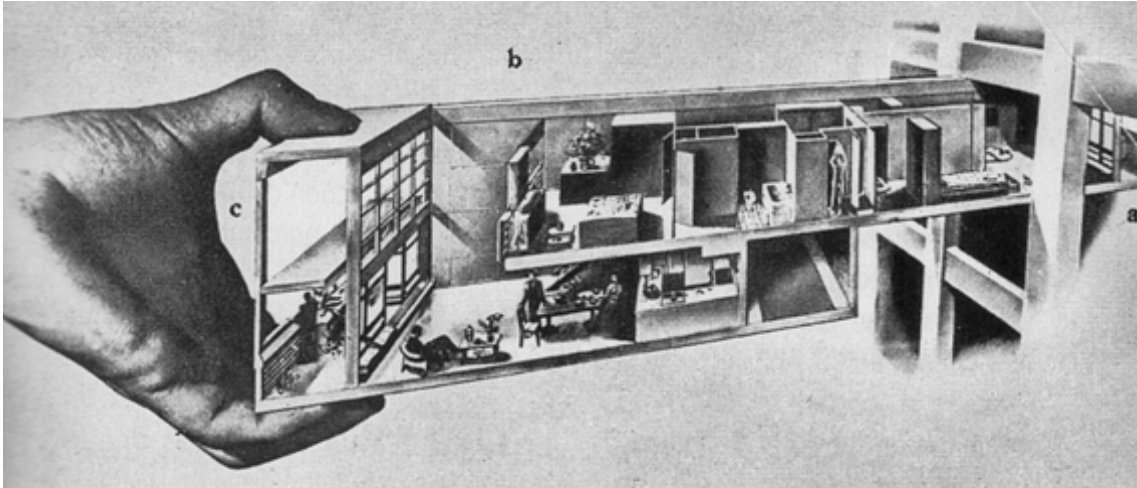


Fig. 69 _ Modelo de célula habitacional

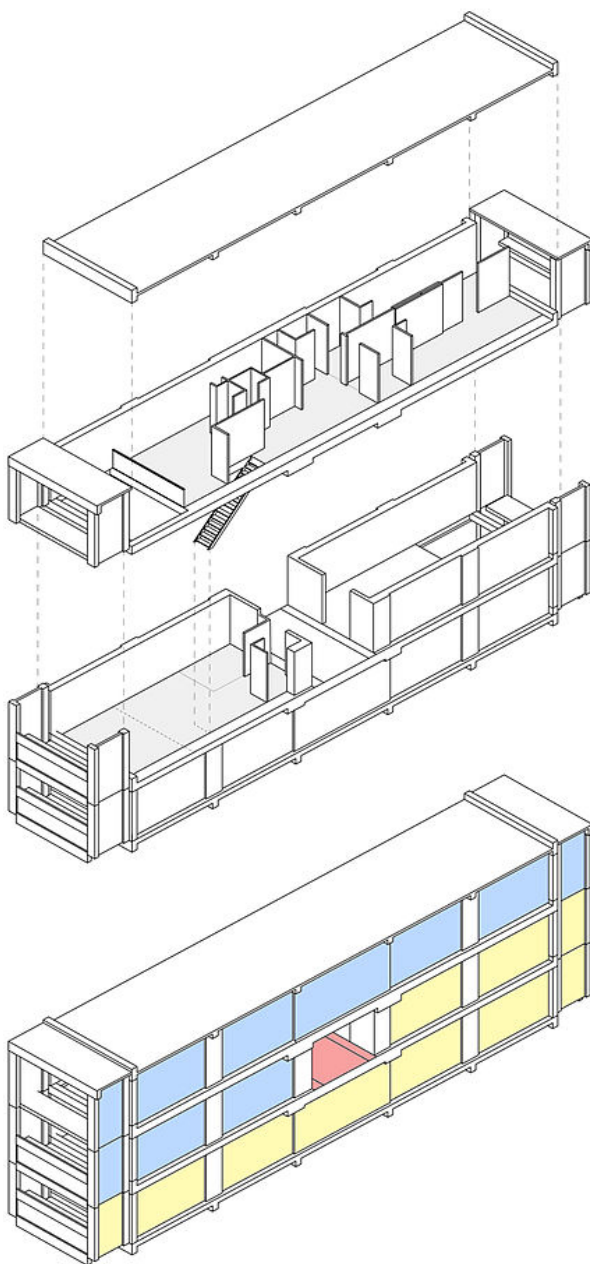


Fig. 70 _ Axonometria explodida da agregação das células

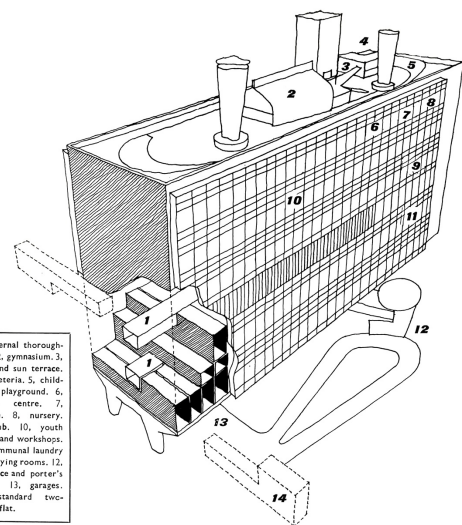


Fig. 71 _ Agregação das células e relação com o corredor interior

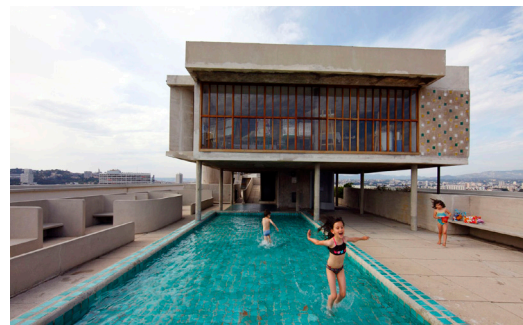


Fig. 72 _ Espelho de água na cobertura



Fig. 73 _ Diversidade de equipamentos na cobertura

acesso aos apartamentos, é também uma zona generosa de circulação (SBRIGLIO, 2004). Organizada em sete corredores com 2.96 m de largura, distribuídos de três em três andares, funcionam como ruas interiores, que visam uma melhor circulação dentro do próprio edifício, aludindo à ideologia da cidade vertical (SBRIGLIO, 2004).

O modelo das habitações é pensado por *Le Corbusier* de forma a assentar nos elementos pré-fabricados da estrutura de betão, através de um encaixe entre os dois módulos habitacionais, “como se a estrutura fosse uma garrafeira e as habitações garrafas” (figuras 69, 70 e 71) (SBRIGLIO, 2004).

A cobertura da *Unité d'Habitation* segue a mesma linha de desenho do próprio edifício e da mesma forma que o podemos caracterizar como algo único, também esta inova nos elementos que a constituem, acabando por ser um elemento singular (SBRIGLIO, 2004). *Le Corbusier* tenta trazer a envolvente para o próprio edifício, introduzindo, assim, mais um dos cinco pontos da arquitectura moderna, o terraço jardim (SBRIGLIO, 2004). Nela, está presente uma pista de atletismo com 300 m que circunda o perímetro do edifício, uma pequena piscina, que de alguma forma tenta trazer o mar mediterrâneo e toda a envolvente para a cobertura do edifício, e, ainda, um teatro ao ar livre (figuras 72 e 73) (SBRIGLIO, 2004).

Na cobertura, as infra-estruturas do edifício, como a chaminé, a caixa do elevador e a conduta de ventilação ganham também uma dimensão enorme, quase comparável a formas escultóricas constituintes da própria arquitectura do edifício, algo que evidencia a forma como *Le Corbusier* “via” e “fazia” arquitectura (SBRIGLIO, 2004). Assim sendo, a caixa do elevador que se prolonga em altura na cobertura, acaba por ser pensada pelo arquitecto como uma forma de contrariar a grande horizontalidade do edifício (SBRIGLIO, 2004). Mais uma vez, as similaridades com o convés de um navio são visíveis na cobertura da *Unité* (SBRIGLIO, 2004).

“A verdadeira essência do legado corbusiano não adveio da “precisão da máquina” nem do mínimo quantificável, mas sim de uma arquitetura pensada para um homem ideal” (AZEVEDO, 2016).



Fig. 74 _ Complexo das VM na relação com a envolvente



Fig. 75 _ Arquitectos Julien De Smedt e Bjarke Ingels com a maquete das VM Houses



Fig. 76 e 77 _ Bloco M



Fig. 78 _ Bloco V assente por *pilotis*

MODULARIDADE NAS VM HOUSES

O conjunto habitacional VM Houses, foi projectado pelo escritório PLOT, que resulta de uma parceria entre o arquitecto Bjarke Ingels (BIG) e o arquitecto Julien De Smedt (JDS), por solicitação de um promotor privado (Hopfner A/S, Dansk Olie Kompagni A/S) e foi o primeiro complexo residencial a ser construído em Ørestaden, um bairro da área de expansão da cidade de Copenhaga (figura 74 e 75).

Os novos edifícios aparecem como elementos dinâmicos, criando um diálogo entre o privado e o social, o que permite abrir o espaço para a cidade, em vez de estes se encerrarem em si mesmos (figuras 76 e 77). O conjunto das VM, surge como uma resposta a todas estas premissas e aproveita estar localizado numa zona nova da cidade, para poder desenvolver essa área de uma forma interessante e organizada.

É constituído por dois edifícios de apartamentos, sendo que um alude à forma de um V e o outro a um M, e tem uma área total de 25.000 m².

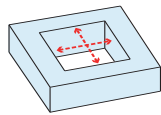
O edifício toma forma baseando-se num desenho de configuração simples, onde a área de construção, de planta quadrada, surge delimitada por dois canais. O terreno foi dividido em duas partes, dando origem a duas massas nas suas extremidades que formam um pátio interior, o qual permite uma passagem ao nível do rés-do-chão, bem como uma melhor ventilação, vistas e luz para ambos os blocos de habitações. O bloco V, é ladeado por um jardim a Sul e o bloco M, por outro edifício do gabinete BIG (Mountain Dwellings), a norte.

Garantindo o carácter lúdico do espaço entre os blocos habitacionais, os arquitectos fortaleceram uma área recreativa com sentido de comunidade, fora do edifício, uma vez que estes também contemplam uma zona de estudo no rés-do-chão do bloco de habitação V, e um jardim de infância no rés-do-chão do bloco de habitação M.

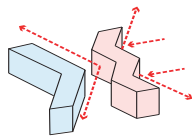
Dado ser o primeiro projecto para esta zona urbana, houve a preocupação, por parte dos arquitectos, de projectar tanto os edifícios como o espaço envolvente, levando a que o Bloco V fique elevado do chão, através de *pilotis* (figura 78), oferecendo aos usuários a possibilidade de o atravessarem, passando directamente do jardim do lado sul para o pátio interior, o qual resulta do deslocamento dos dois edifícios, trazendo, assim, a vida urbana para as habitações (ARCSPACE, 2012). Também no bloco M, os ângulos das fachadas, criam uma série de nichos que acabam por ser, também eles, espaços de reunião para a população (WIKIARQUITECTURA, 2014).



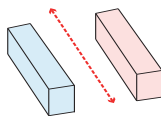
Fig. 79 _ Planta de implantação do complexo das VM Houses



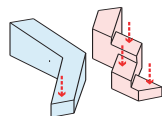
BLOCO TRADICIONAL



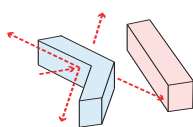
VISTAS DOS EDIFÍCIOS



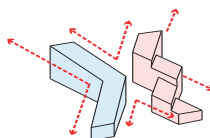
ABERTURA CENTRAL NO BLOCO



BAIXAR OS EDIFÍCIOS



EVITAR VISTAS ENTRE VIZINHOS



VISTAS ÓPTIMAS DOS EDIFÍCIOS

Fig. 80 _ Diagrama de explicação das formas das VM Houses

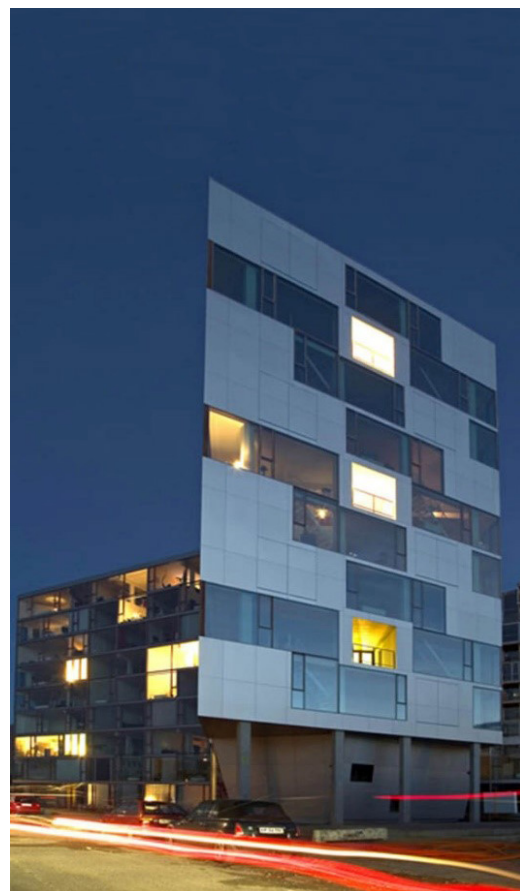


Fig. 81 _ Recorte dos apartamentos na fachada, aludindo ao jogo de Tetris

A escolha das formas reflete um desenho racional que privilegia os interesses funcionais (figura 79), ao invés da estética, elemento muito característico dos dois arquitectos. A sua fachada, com um design inovador, confere ao edifício um carácter pouco habitual, o que faz com que não seja indiferente a quem passa e olha para os edifícios.

O desenho da forma dos edifícios surge como resultado de uma torção do Bloco V, que se repercute no Bloco M, como se ambos se quisessem interligar (figura 80).

Os edifícios são praticamente cobertos por vidro, o que reflecte tanto uma ideia de modernidade, como um função prática de permitir uma melhor incidência solar para cada habitação, e respectiva ventilação, o que se traduz numa maior eficiência energética, factor muito importante num país nórdico como a Dinamarca (DOKAJ, 2016), onde existe uma grande dualidade entre o número de horas de exposição solar, no inverno e no verão (de inverno o número de horas de sol é relativamente baixo, enquanto no verão é alto).

“The buildings are like a 3 dimensional Tetris game of people’s living units²⁴” (Julien De Smedt, PLOT, 2012) (figura 81)

Os edifícios estão ambos orientados a sul, e, dada a sua forma em planta, conferem melhor exposição solar aos apartamentos, o que, conseqüentemente, permite melhores ganhos solares para aquecimento e ventilação cruzada, e, também, melhor vista em direcção à paisagem nas varandas triangulares das VM. Para isso, foi necessário que o edifício da frente fosse dobrado em forma de V, assegurando um espaço aberto entre eles, onde é garantida a permanente entrada de luz.

A estrutura dos edifícios é baseada em lajes de aço com contra-vigas metálicas de perfil em I, as quais servem de base para as paredes, sendo que houve alguma dificuldade na distribuição das cargas, visto os apartamentos não seguirem a mesma direcção, tanto em planta, como em corte, como é habitual em grande parte dos edifícios (de la ISLA, 2008). No bloco V, as varandas foram “agarradas” à estrutura através de cabos de aço tensionados, de forma a manter a estabilidade das mesmas (de la ISLA, 2008).

Para os arquitectos, um dos aspectos mais importantes do edifício centra-se na grande diversidade de tipologias de apartamentos, dado que estes consideram que esta multiplicidade permite que cada família encontre a forma que melhor se adequa às suas características e necessidades, pois cada pessoa é um ser individual e, conseqüentemente, tem diferentes interesses (de la ISLA, 2008).

²⁴ Frase proferida por Julien De Smedt sobre a forma conceptual como as VM Houses funcionam. Tradução: “Os edifícios são como um jogo de Tetris tridimensional, formados pelas unidades habitacionais”



Fig. 82 _ Agregação dos apartamentos no bloco M



Fig. 83 _ Apartamentos das VM

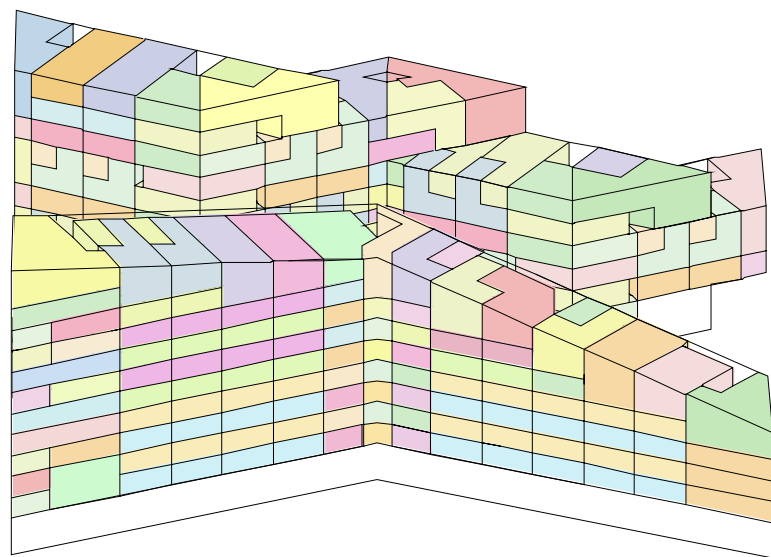
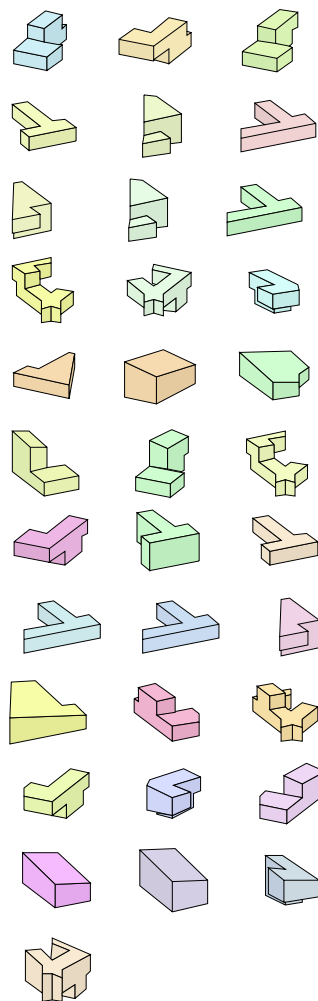


Fig. 84 _ Grande diversidade de blocos habitacionais nas VM

“We live in a world where individualism has a greater resonance than before. Diversity is well accepted, even desired. People living in a housing project must also have access to individuality²⁵” (Julien De Smedt, PLOT, 2012)

Ao contrário do que é habitualmente proposto, (prédios com plantas de apartamentos repetidos em altura), aqui os módulos de habitação são desenhados como lofts, dando, assim, origem a apartamentos que vão desde 1 a 3 pisos, que, dadas as suas formas, originam complexidades interiores na sua agregação (figuras 82 e 83).

O complexo das VM é constituído por vários tipos de células habitacionais, que vão desde células individuais de 65 m² a células familiares de 120 m², sendo que cada uma segue direcções, formas e vistas diferentes, contrariando os apartamentos convencionais (DEISGN, 2012). No seu conjunto, os blocos V e M agregam um total de 209 apartamentos, sendo, 76 deles diferentes entre si (figura 84).

O Bloco M, é um bloco com 12.500 m², localizado na extremidade mais a norte dentro da área dos dois edifícios. Segue a lógica do bloco da frente, onde uma massa vertical passa a ser inclinada, como uma rampa, mas, neste caso, adquire quatro patamares, onde surgem 95 células habitacionais, sendo 36 delas diferentes entre si (DOKAJ, 2016).

As células habitacionais são desenhadas com um intuito de criar um espaço acolhedor, e ao mesmo tempo dinâmico na sua génese em planta e altura, dando, a cada família, a possibilidade de moldar a habitação ao seu estilo. As habitações são caracterizadas pelas suas formas geométricas diferentes e pelas salas de estar generosas, as quais comunicam directamente com as áreas mais pequenas, como a cozinha e os quartos. No caso dos apartamentos duplex, o pé direito duplo oferece, ainda, mais espacialidade à sala e à mezzanine, que, estando viradas a Sul, beneficiam de uma *curtain wall*²⁶ que cobre a fachada e ilumina todo o apartamento (DOKAJ, 2016).

Os corredores centrais do edifício que permitem a ligação dos diversos andares aos apartamentos, através das conexões com as escadas e elevadores, são abertos nas extremidades de modo a que a luz os possa iluminar e tornar o espaço mais interessante, uma vez que, este é algo mais do que um simples corredor interior, mas uma zona comunitária, onde os vizinhos se podem encontrar, guardar as suas bicicletas e outros pertences, bem como um lugar onde as crianças podem brincar (figura 85) (ARCSPACE, 2012).

²⁵ Frase proferida por Julien De Smedt. Tradução: “Vivemos num mundo onde o individualismo tem uma maior ressonância do que antes. A diversidade é bem aceite, até mesmo, desejada. As pessoas que vivem num complexo habitacional também devem ter acesso à individualidade”

²⁶ **Curtain Wall** _ É um sistema de parede cortina de vidro que cobre as fachadas exteriores dos edifícios



Fig. 85 _ Corredores interiores das VM

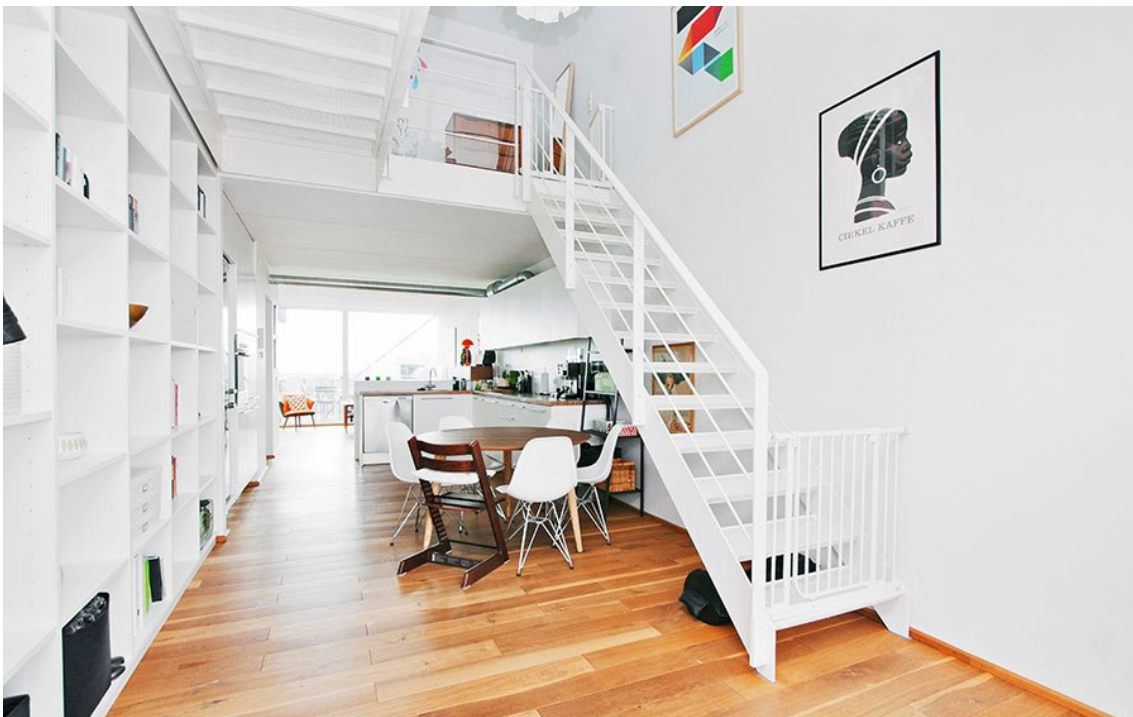


Fig. 86 _ Interior de um apartamento, dominado pela madeira e pelo branco



Fig. 87 _ Bloco V levantado do chão, e a sua relação com o jardim

Dentro das células habitacionais os materiais são muito sóbrios e transmitem a sofisticação do edifício, a madeira de carvalho cobre o chão dos apartamentos, e acaba por ser uma ótima escolha, visto ser um material quente e que transmite uma ideia de conforto, num país frio como a Dinamarca (figura 86) (WIKIARQUITECTURA, 2014).

A sobriedade interior é também visível nas paredes e tectos, onde os arquitectos escolheram o betão branco, bem como nas escadas e respectivos corrimãos em aço, também estes pintados de branco (WIKIARQUITECTURA, 2014). O piso interior de madeira prolonga-se até às varandas, embora com características diferentes para se adequar ao exterior. Os guarda-corpos são compostos por redes de aço perfurado (WIKIARQUITECTURA, 2014).

O Bloco V, da mesma forma que o M, tem também 12.500 m² de área e está na zona mais a sul, sendo que foi “dobrado” em direcção ao centro, com o objectivo de, acima de tudo, garantir que todos os apartamentos tenham uma visão aberta sobre a paisagem e impedir o *vis-a-vis*²⁷ entre os vizinhos, o que deu origem à forma de um V. A sua forma inclinada segue a mesma dinâmica do bloco M, mas, neste caso, não é partida em patamares, mas sim numa rampa livre (ARCSPACE, 2012).

Os apartamentos duplex deste bloco têm pé direito duplo, virado a norte, abrindo a fachada sul totalmente para a paisagem (DOKAJ, 2016).

O rés-do-chão é marcado pela métrica dos pilares que servem de base aos pisos superiores, que, juntamente com as áreas fechadas das caixas de escadas e elevadores (extremidades e meio do edifício), oferecem um espaço público-privado para guardar bicicletas, motos, e, até mesmo como parque urbano (figura 87) (DOKAJ, 2016). As comunicações verticais dão acesso aos 114 apartamentos de 40 tipologias diferentes.

No interior, as cores vivas são parte integrante do próprio edifício e estas, de alguma forma, conferem uma certa energia e modernidade à obra. Os corredores interiores que dão acesso aos apartamentos, são, assim, pintados com cores fortes como o laranja, verde, vermelho, entre outras (figura 88) (WIKIARQUITECTURA, 2014).

Os volumes das habitações são caracterizados pelas suas formas geométricas distintas, que vão encaixando entre si, formando, assim, os diversos níveis do edifício. Também aqui, houve preocupação por parte dos arquitectos, de fazer as fachadas em vidro para permitir que a luz, vinda de Sul (figura 89), pudesse atravessar os apartamentos e, dessa forma, chegar ao pátio entre os dois blocos V e M. Nos guarda-corpos das varandas, os arquitectos optaram por uma

²⁷ **Vis-a-vis** _ Expressão de origem francesa. Significa, de acordo com o Dicionário da Língua Portuguesa 2003 da Porto Editora, “frente a frente, face a face”

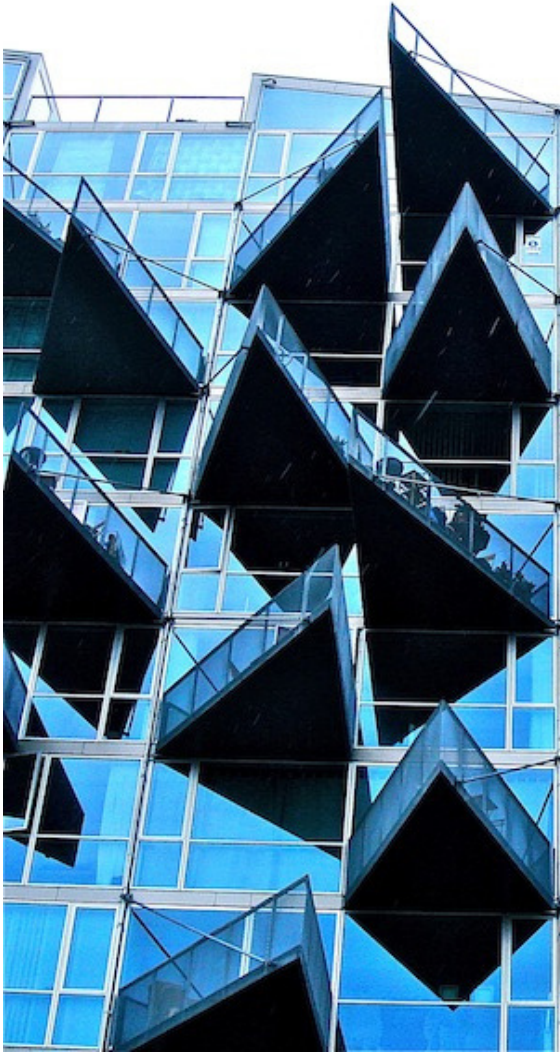


Fig. 89 _ Fachada coberta pelo vidro



Fig. 88 _ Bjarke Ingels junto a uma das entradas de luz dos corredores interiores das VM



Fig. 90 _ Varandas triangulares do Bloco V



Fig. 91 _ Entrada principal do Bloco M, com um mural em azulejo do promotor do projecto, Per Hopfner

armadura de aço perfurado de forma a que esta não impedisse a entrada de luz, evitando, assim, a criação de zonas de sombra. Assim, as varandas do bloco V, acabam por ser um elemento muito interessante no seu conjunto, tanto pelo desenho triangular, o qual dá à fachada um efeito visual, com uma dinâmica e forma “especiais”, mas também, e talvez o mais importante, permitem a passagem da luz para cada habitação, e a sua ventilação. Também o seu desenho desencontrado, quase parecendo aleatório, possibilita que cada apartamento possa ter um amplo campo de visão, usufruindo da beleza da paisagem (WIKIARQUITECTURA, 2014). As diversas orientações das varandas, seguem também a ideia da variedade de formas dos apartamentos, e, embora sendo um local privado de cada habitação, permite, ao mesmo tempo, um espaço de comunicação com os vizinhos (figura 90) (DEISGN, 2012).

Em relação à escolha dos materiais, podemos dizer que os edifícios são compostos por materiais simples, mas ao mesmo tempo, de qualidade e requinte, como são exemplos o vidro nas fachadas, com caixilharias de madeira delicada, bem como o aço, o alumínio e ainda o betão aparente (WIKIARQUITECTURA, 2014).

No exterior, juntamente com o vidro que cobre grande parte da área das fachadas, é visível um revestimento feito através de painéis de alumínio anodizado. No caso do bloco M, a entrada no rés-do-chão foi “decorada” com um grande mural de azulejos com a cara de um dos promotores do projecto, Per Hopfner, criando uma dinâmica diferente no edifício, uma vez que, uma obra de arte passa também a fazer parte de um elemento arquitectónico (figura 91) (WIKIARQUITECTURA, 2014).

Com este desenho dos edifícios, fica evidente que o trabalho dos arquitectos foi baseado num estudo racional e funcional, e não apenas no efeito visual, visto disponibilizarem o máximo de habitações diferenciadas, de modo a atender aos desejos das diferentes famílias que habitam as VM, (DEISGN, 2012), reinterpretando a ideia que já tinha sido explorada por *Le Corbusier* na *Unité d'Habitation* de Marselha, em 1947.



Fig. 92 _ VM Houses



Fig. 93 _ Unité D'Habitation

COMPARAÇÃO ENTRE A *UNITÉ D'HABITATION* E AS VM HOUSES

As analogias entre a *Unité d'Habitation* e as VM Houses são efectivamente evidentes, embora ambas estejam separados por um largo espaço temporal (figuras 92 e 93).

Le Corbusier projecta a *Unité* a pedido do Governo Francês, como resposta a uma clara necessidade de habitação face ao problema da destruição causada pela segunda Guerra Mundial, focando-se numa ideia de standardização e racionamento, pois era necessário oferecer habitação às famílias deslocadas, ao menor custo possível.

No caso das VM, os edifícios são projectados pelos arquitectos a pedido de um promotor privado, o qual possui um terreno numa zona de expansão da cidade de Copenhaga e decide fazer blocos de apartamentos para venda. Aqui, os objectivos são completamente diferentes, pois, tendo em conta que a Dinamarca é um país próspero e o estilo de vida dos seus habitantes é um dos melhores da Europa, não houve a preocupação de construir apartamentos baratos, mas, algo que fosse ousado, atractivo esteticamente e, como tal, vendável. Refira-se que dois dias após terem sido publicitados, 80% destes, estavam vendidos.

Nos dois projectos, é fácil identificar a grande preocupação dos arquitectos, em fazer edifícios que não sejam apenas dormitórios, mas, que permitam trazer a cidade para dentro deles. Pensar os edifícios como um elemento que faz parte de um todo e que com ele comunica, é, talvez, um dos aspectos mais relevantes destes arquitectos. Apesar dos mesmos não serem, à primeira vista, esteticamente semelhantes, destacam-se um conjunto de elementos que os aproximam, ao mesmo tempo que existem outros que os afastam, talvez pelos diferentes propósitos de ambos.

No rés-do-chão são notórias as semelhanças pois ambos os edifícios são vazados e estão assentes sobre *pilotis*. No caso da *Unité*, esta segue uma premissa explorada por *Le Corbusier*, os “cinco pontos da arquitectura moderna”, definida pelo arquitecto como cinco traços fundamentais para um edifício ser moderno. Ao estar assente em *pilotis*, o edifício passa a ser permeável na cota 0, dando a possibilidade de ser atravessado de um lado para o outro. Fica, mais uma vez evidente, a preocupação de que o edifício não seja um elemento estranho à cidade, mas que se funda com ela. A possibilidade de circulação ao nível do rés-do-chão não cria uma barreira à cidade, deixando que as pessoas o percorram e dele usufruam, como que de um parque urbano se tratasse (figura 94).

O edifício elevado oferece, também, a possibilidade de estacionamento coberto por baixo



Fig. 94 _ Pátio interior das VM



Fig. 96 _ Le Corbusier na cobertura



Fig. 95 _ Estacionamento entre os pilares do rés-do-chão da Unité



Fig. 97 e 98 _ Crianças a brincar na cobertura da Unité, mostrando a versatilidade desse espaço

Fig. 99 _ VM Houses vistas através do terraço do edifício Mountain Dwellings



deste, poupando, assim, em eventuais estacionamentos subterrâneos. Na *Unité*, esse espaço é também pensado como um estacionamento coberto de automóveis e motos (figura 95), ao passo que, no caso das VM, a ideia do bloco V estar assente em pilotis, está apenas relacionado com uma ligação mais forte com a cidade, dando a possibilidade de atravessamento entre o jardim que existe a sul e o pátio central que foi gerado pela disposição dos dois blocos V e M. Nas VM, a ideia de estacionamento foi idealizado essencialmente para albergar bicicletas, pois a Dinamarca tem uma reduzida taxa de utilização de automóveis, quando comparada com outros países da Europa. Refira-se que, em 2016, os jornal *The Guardian* noticiava que nos últimos 20 anos o tráfego de bicicletas na Dinamarca aumentou 68%, evidenciando uma aposta clara, deste país, na sustentabilidade. Em 2015 havia em Copenhaga 252.000 carros e 265.700 pessoas utilizavam a bicicleta como transporte alternativo.

Na base do Bloco V, surge um pequeno desnível que marca a passagem entre o jardim e o edifício, dando origem a um patamar que funciona, também, como mobiliário urbano, tanto para este, como para a cidade. Neste espaço, é ainda possível encontrar os três pontos das comunicações verticais, onde foram colocadas as escadas e elevadores, sendo que, estas, foram ocultadas por uma “cortina” de vidro fosco que impede que se veja através dele, permitindo que este funcione como uma zona de arrumos do próprio edifício.

No que diz respeito ao terraço dos edifícios, podemos dizer que a *Unité* oferece uma solução muito mais criativa e dinâmica comparativamente às VM. No caso da *Unité*, *Le Corbusier* propõe uma cobertura muito interessante que dá resposta às necessidades da época, onde era essencial juntar um conjunto de equipamentos no edifício, uma vez que a cidade estava parcialmente destruída. Um ginásio, uma cafetaria, um teatro ao ar livre, um espaço para as crianças brincarem, um pequeno espelho de água e ainda uma pista de corrida em todo o perímetro da cobertura do edifício fazem parte de um conjunto de equipamentos que usufruíam do terraço da *Unité*, que ao mesmo tempo oferece uma vista espectacular para a sua envolvente (figura 96,97 e 98).

No caso das VM, o espaço da cobertura, foi utilizado apenas para a colocação dos equipamentos técnicos necessários à manutenção do edifício. Talvez por ser um país nórdico, os arquitectos tenham optado por não utilizar este espaço para fins de lazer, no entanto, um terraço social verde, onde os habitantes das VM pudessem conviver e desfrutar dos momentos de sol, poderia ser uma boa solução, algo que verifica no edifício Mountain Dwellings (figura 99). Também o facto de ser um país com estabilidade, permite que não haja necessidade de concentrar várias valências no mesmo edifício, deixando aos habitantes a possibilidade de usufruírem da sua cidade, algo que é facilitado pelo relevo plano que convida a um passeio a pé



Fig. 100, 101 e 102 _ Forma e dinâmica das VM Houses



Fig. 103 _ Ritmo vertical e horizontal da fachada

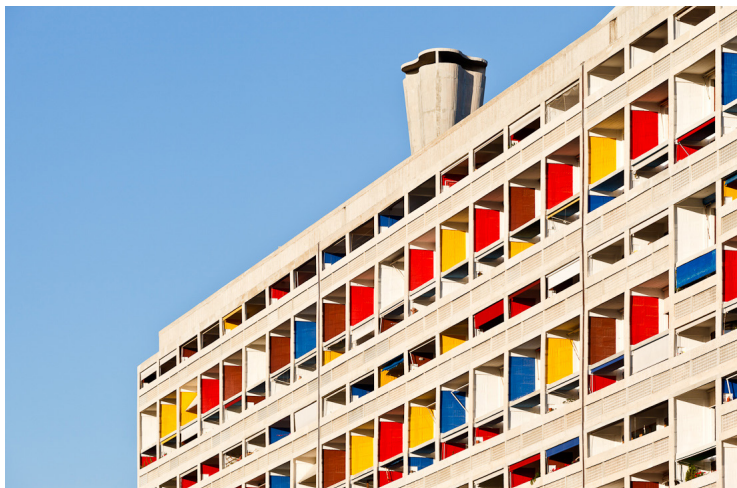


Fig. 104 _ Presença da cor nas fachadas da *Unité*

ou de bicicleta, transporte tão acarinhado pelos dinamarqueses.

A forma das VM (figuras 100, 101 e 102) resulta de um estudo detalhado do local e do desejo de fazer um conjunto habitacional que fosse interessante, tanto para os habitantes, como para a cidade. Partindo de um terreno quadrado, que foi dividido em dois, após a implantação dos edifícios, deu origem ao pátio central.

A torção do bloco V tem origem na necessidade de proporcionar melhores vistas a todos os apartamentos, torção essa, que se repercute no bloco que lhe está adjacente, o M, dando origem a dois edifícios dinâmicos e com duas formas não muito convencionais, mas claramente justificadas pelos arquitectos.

No caso da *Unité*, a sua forma assemelha-se a um grande paralelepípedo que foi assente no terreno. A forma do edifício está intimamente ligada à ideia da máquina, pelas similitudes que lhe são facilmente identificáveis com um grande navio, tal como já foi referido, mas deve-se, também, a um conjunto de premissas que a justificam. As necessidades de construir um edifício que albergasse um grande conjunto de famílias deslocadas, e, os baixos custos, foram as condicionantes que justificaram uma forma simples, que segue um sistema estrutural de betão já estudado por *Le Corbusier*, o sistema Dominó. Trata-se de um sistema baseado em lajes, pilares e fundações em betão armado o qual permite, através da organização racional dos pilares, a ideia da fachada livre da estrutura. Com este sistema, *Le Corbusier* consegue sintetizar uma ideia de fabricação em série que se adequa com o que é pretendido na *Unité*.

No que diz respeito às fachadas dos edifícios, a *Unité* é caracterizada por um conjunto de elementos que as tornam interessantes, sendo eles, a métrica bem definida resultante da aplicação do Modulor, o sistema de sombreamento (*brise-soleil*) que permite a entrada de luz controlada na galeria interior do edifício, bem como os próprios materiais e a cor (figuras 103 e 104). Uma vez que é coberta pelo betão aparente, *Le Corbusier* utiliza a cor para criar uma dinâmica diferente na fachada, mas também para distinguir cada habitação. Os guarda-corpos das varandas dos apartamentos, assumem, também eles, uma grande relevância na fachada, visto seguirem a mesma linguagem e materialidade, onde aparecem com um estilo brutalista à dimensão do próprio edifício. As janelas recuadas das habitações permitem o aumento da área das varandas, o qual dá origem a um sistema de sombreamento para os apartamentos, mas também, através das caxilharias, a uma subdivisão da métrica do edifício.

As fachadas das VM são cobertas na sua totalidade por dois materiais dominantes, sendo eles, o vidro e os painéis metálicos. A escolha do vidro prende-se com a necessidade de iluminação dos apartamentos, que, ao ser intercalada com os painéis metálicos, deixa evidente as



Fig. 105 e 106 _ Comparação entre os dois corredores interiores

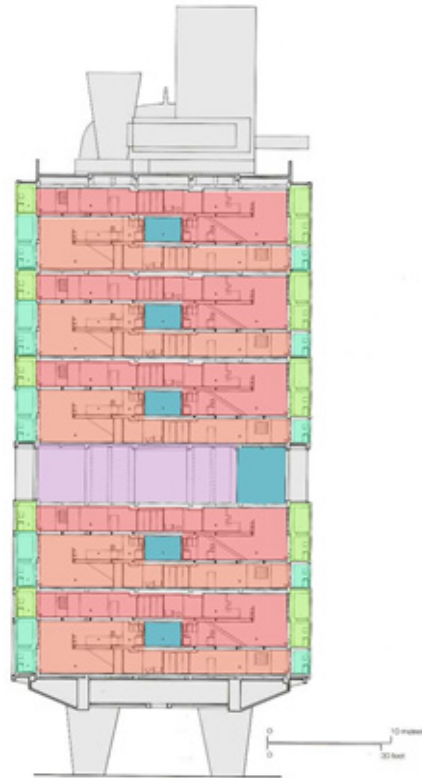
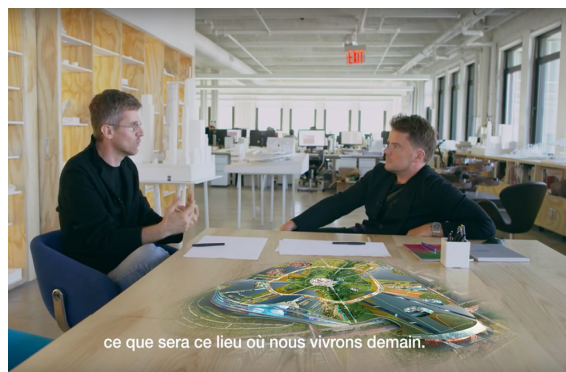


Fig. 107 e 108 _ Corte dos dois edifícios onde é perceptível a relação entre os apartamentos, bem como nos corredores centrais que os atravessam



ce que sera ce lieu où nous vivrons demain.

Fig. 109 e 110 _ Processo manual de Le Corbusier e processo digital de Bjarke Ingels

diferentes formas dos apartamentos e, ao mesmo tempo, cria um certo movimento na fachada.

Através da apropriação do espaço pelas diversas famílias, as fachadas acabam por ter uma segunda dinâmica, alterando-se, sempre que cada família quiser mudar o seu espaço. Uns decidem colocar cortinas, outros preferem o vidro simples, e outros o blackout total. Esta forma de decoração do espaço dá origem a uma constante alteração das fachadas, que se “adaptam” e transformam à medida de cada mudança dos habitantes das VM. No caso do bloco V, as varandas conferem movimento à fachada, pois são elementos que sobressaem, tanto pela sua forma triangular, como, pela sua aparente aleatoriedade.

No interior de ambos os edifícios, os corredores centrais que permitem o atravessamento e acesso aos apartamentos são um elemento muito característico e similar nas duas obras. No entanto, os corredores da *Unité* são caracterizados pelo seu grande comprimento e falta de luz natural, elemento que foi bem interpretado pelos arquitectos nas VM, que perceberam a necessidade de melhorar esse espaço interior, dando-lhe um carácter mais acolhedor e dinâmico. Nas VM, os corredores são mais curtos e com entradas de luz nas extremidades as quais asseguram um melhor ambiente interior, bem como a sua devida ventilação natural. O bloco M possui ainda entradas de luz laterais (figuras 105, 106, 107 e 108).

No que diz respeito à cor, os corredores das VM apresentam uma solução mais “colorida” e ao mesmo tempo agradável e moderna, em contraste com as cores monótonas da *Unité*. Em comparação com o espaço frio e fechado, quase comparado a um corredor de um hospital, pode-se considerar os corredores das VM, verdadeiros espaços de convivência entre vizinhos, onde é possível guardar as bicicletas e outros pertences ou deixar as crianças a brincar, antes de entrar no espaço privado de cada apartamento.

Quando se fala nos processos de fazer arquitectura, o desenho está intimamente ligado à concepção inicial de projecto. Hoje, existem várias ferramentas que ajudam os arquitectos a projectar, visualizar e minimizar os erros na construção, mas é inegável que o desenho à mão é a base para projectar os espaços (figuras 109 e 110).

Como já foi referido, as novas ferramentas de desenho têm hoje um papel muito importante na forma como os arquitectos podem projectar, e, aqui se compara a forma como *Le Corbusier* projectou a *Unité d'Habitation*, em 1947, com a forma como foram projectadas as VM Houses por Bjarke Ingels e Julien De Smedt.

A distância temporal marca eras distintas (analógica e digital), mas ao mesmo tempo semelhantes na maneira de projectar. Em 1947, *Le Corbusier*, usava o desenho à mão e maquetes, à escala, como únicas ferramentas para estudar e visualizar o espaço antes da construção

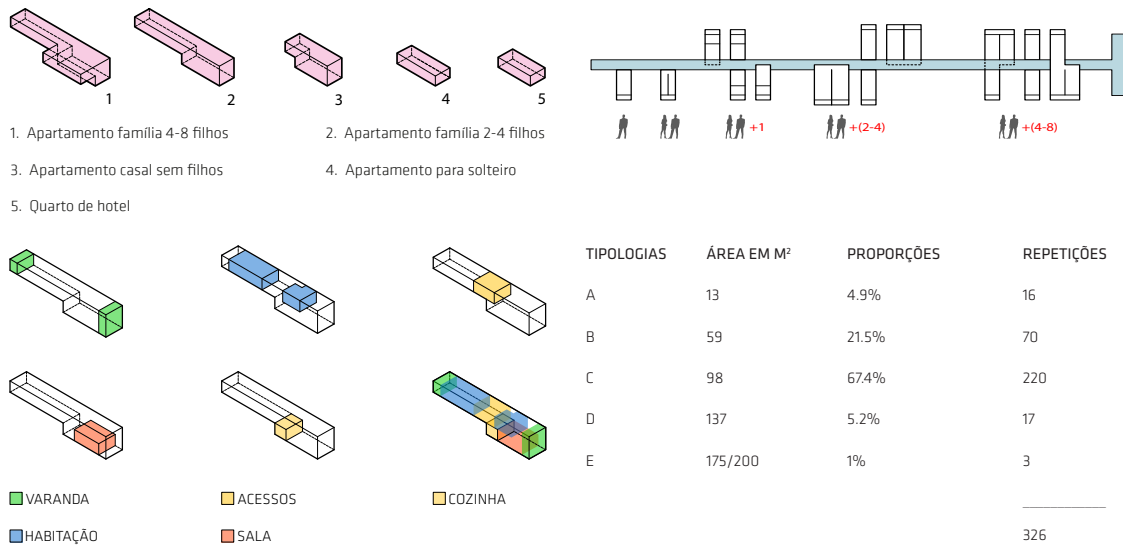


Fig. 111 _ Tipologias e distribuição interior dos módulos na *Unité d' Habitation*

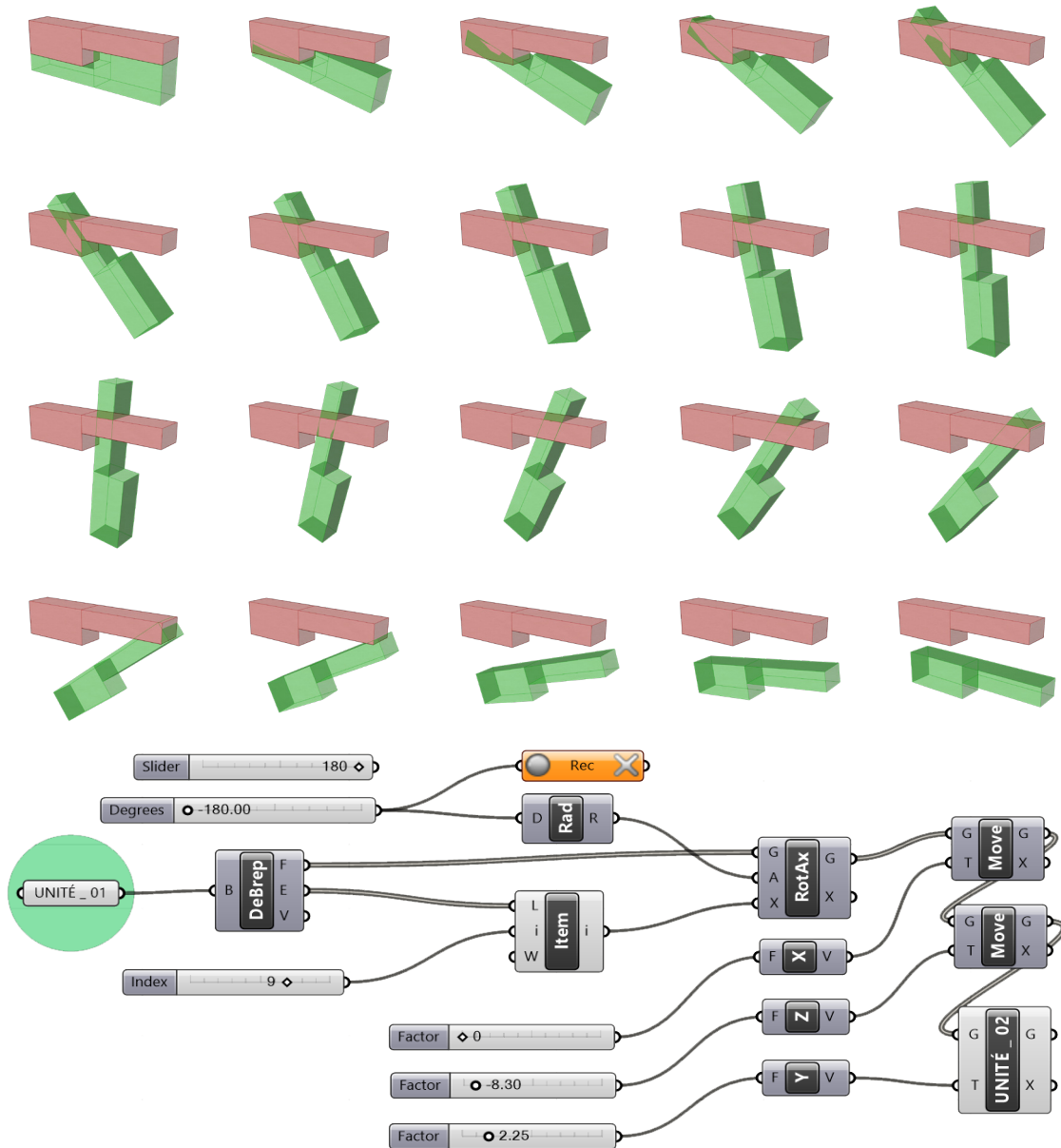


Fig. 112 _ Codificação da agregação dos dois módulos da *Unité*. Algoritmo desenvolvido pelo autor, gerado no plugin Grasshopper, do software Rhinoceros

propriamente dita. Em 2005, os arquitectos (PLOT) usam os sistemas digitais para otimizar e automatizar processos de projecto.

A *Unité*, totaliza 326 células habitacionais, distribuídas por 5 tipologias de formas distintas, que por sua vez, têm também variações interiores em planta, dando origem a um total de 14 apartamentos diferentes.

Os apartamentos que surgem com mais repetições (220), têm 98 m² de área, aparecendo com a mesma forma, mas com organização interior diferente. Pensadas de forma a maximizar o espaço interior e minimizar os custos, as células habitacionais distribuem-se entre estúdios de 13 m², com a mesma área dos quartos de hotel, apartamentos para solteiro, apartamentos para casais sem filhos, apartamentos para casais com 2 a 4 filhos e ainda os apartamentos duplex de 200 m² para famílias de 4 a 8 filhos, podendo ter apenas uma ou duas orientações (figura 111).

Das cinco tipologias de blocos acima citadas, alguns deles são simples, sem qualquer tipo de encaixe, mas os mais frequentes (220-apartamentos para casais com 2 a 4 filhos) estão agregados dois a dois como se fossem dois L, que, estando invertidos, encaixam entre si.

A forma do segundo bloco foi gerada através de uma rotação simples de 180°, utilizando o plano XZ como charneira, originando, assim, dois blocos invertidos que deixam um corredor central que permite o acesso aos dois apartamentos.

Após a análise da agregação dos dois blocos da *Unité*, conclui-se que esta é relativamente simples, e por isso foi repetido continuamente por todo o edifício, o que denota que não houve grande procura de formas distintas. Tal foi demonstrado através da geração do modelo de agregação dos blocos, onde foi codificado este processo, utilizando o *plugin* Grasshopper do *software* Rhinoceros (figura 112).

Pode, assim, concluir-se que o recurso aos processos digitais teriam permitido a *Le Corbusier* uma maior diversidade de formas e, também, uma maior rapidez de execução.

No que diz respeito ao modo como as diversas células habitacionais se agregam entre si, na *Unité d'Habitation*, essa união é efectivamente mais simples, uma vez que apenas são formados conjuntos de dois apartamentos em direcções distintas os quais se unem formando um bloco, que, por sua vez, é repediado em duas direcções em todo o edifício.

Os apartamentos das VM distinguem-se pela grande diversidade de formas, adaptando-se à dimensão e estilo de vida de cada família, estando pensadas de modo a que cada uma possa personalizar à sua maneira, tornando-os únicos.

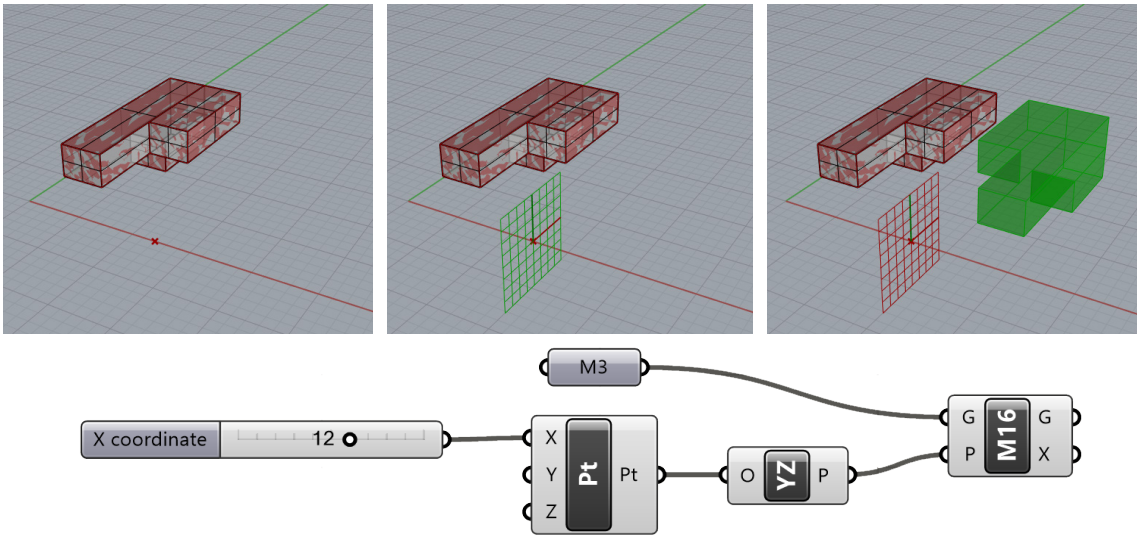


Fig. 113 _ Codificação de uma simetria do bloco M3, que gera o bloco M16. Algoritmo desenvolvido pelo autor, gerado no plugin Grasshopper, do software Rhinoceros

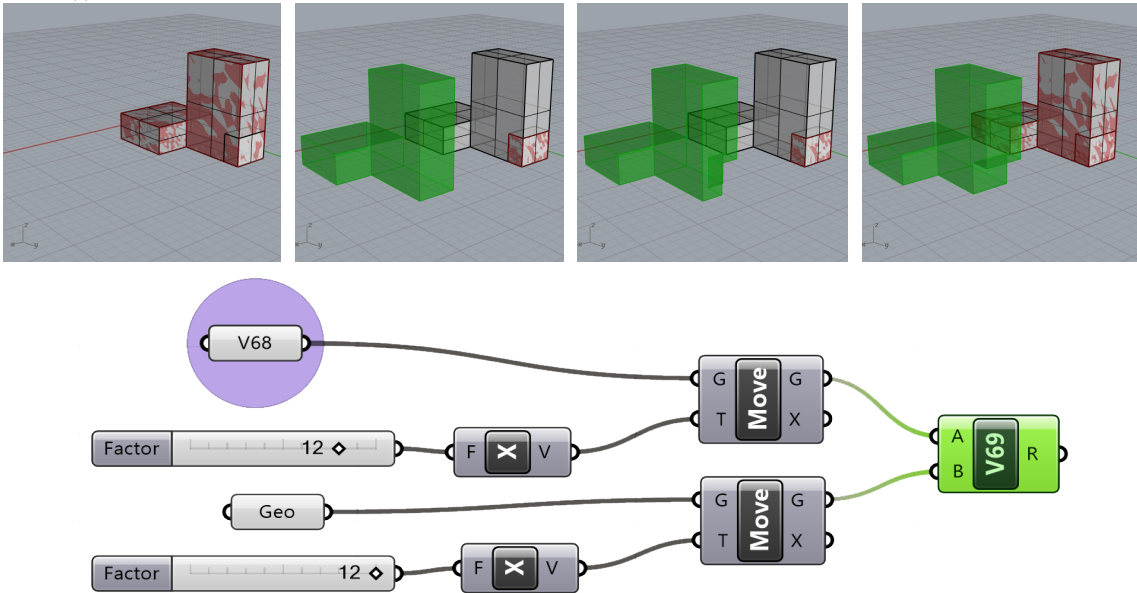


Fig. 114 _ Codificação de uma subtração no bloco V68, que gera o bloco V69. Algoritmo desenvolvido pelo autor, gerado no plugin Grasshopper, do software Rhinoceros

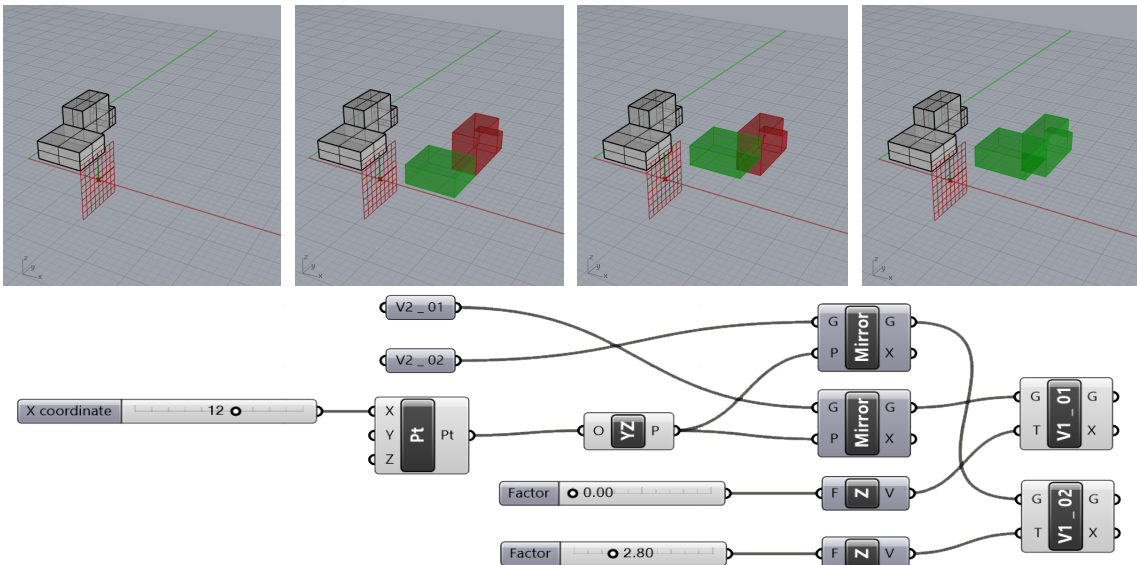


Fig. 115 _ Codificação de uma simetria do bloco V2, e posterior deslocamento vertical, que gera o bloco V1. Algoritmo desenvolvido pelo autor, gerado no plugin Grasshopper, do software Rhinoceros

Distribuindo-se por um total de 76 tipologias, os 209 apartamentos que compõem as VM, beneficiam ainda de pequenas alterações interiores, quando as suas formas são idênticas, o que demonstra que houve uma preocupação e trabalho cuidado, por parte dos arquitectos, em oferecer o máximo de variedade possível, mesmo quando os apartamentos têm a mesma forma.

As 76 tipologias de módulos habitacionais das VM, acima citadas, distribuem-se entre apartamentos de formas simples, formas complexas duplex e triplex. Existem casos de blocos simples, casos de agregações de apenas dois blocos, como são os exemplos dos blocos M4 com M12, ou M17 com M18, M15 com M16, etc, e ainda agregações mais complexas com 3 blocos, como é o exemplo dos blocos M1, M2 e M3.

Dada a complexidade das formas dos mesmos, a qual se reflecte no dinamismo do edifício, houve necessidade de automatizar processos de adição, subtracção, rotação 3D, simetria, extrusão e, ainda, deslizamentos verticais, dando lugar a novas formas que se agregam às que já tinham sido geradas (Quadros em anexo _ pág. 113, 119 e 121). De entre as múltiplas tipologias, seleccionou-se um exemplo de cada tipo de transformação que exemplifica o processo de geração de novos módulos através do *plugin* Grasshopper do *software* Rhinoceros.

O módulo M3 surge como a geometria de base (vermelho), e através de uma mutação gera o módulo M16 (verde), sendo este último uma simetria originada pelo espelho do plano XZ (figura 113).

Os módulos V68 e V69 são muito semelhantes na sua geometria, pois, tomando como base o módulo V68 (vermelho), é gerada uma cópia que, sofre uma subtracção a norte, dando origem a uma nova forma (verde) (figura 114).

A geometria do módulo V1 foi gerada através de uma simetria em relação ao plano YZ, a qual deu origem a um módulo simétrico do inicial, que depois foi dividido em dois sub-módulos, sendo que um deles sofreu um deslocamento na vertical, que resultou num módulo final transformado (V2), totalmente distinto do módulo base (figura 115).

Para além dos exemplos de geração de formas, acima citados, existe ainda um conjunto de outros processos, sendo eles: a rotação de 180° sobre o plano YZ, dando origem ao módulo invertido (V36 - V35); a extrusão, onde é tomada por base uma face de um módulo, a qual, depois de extrudida em altura (eixo Z) dá origem a um módulo de habitação duplex ou triplex, com a mesma planta (V17 - V11); módulos onde são conjugados vários processos, sendo eles, a simetria e os deslocamentos verticais em Z, onde, a geometria base é partida em vários segmentos que, de forma independente, sofrem alterações distintas, podendo umas ter relações de simetria com o modelo base, e outras sofrer deslocamentos, de cima para baixo ou de baixo para cima

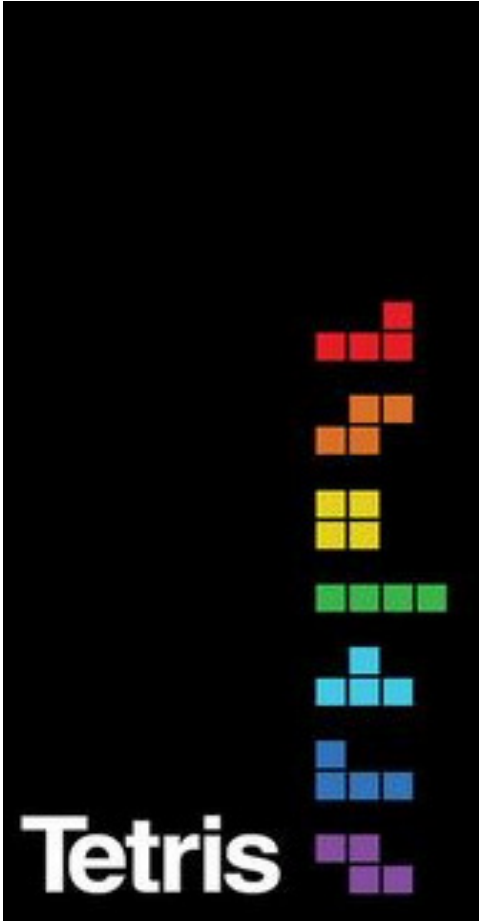


Fig. 116 e 117 _ Alusão às formas do jogo Tetris, nas fachadas das VM

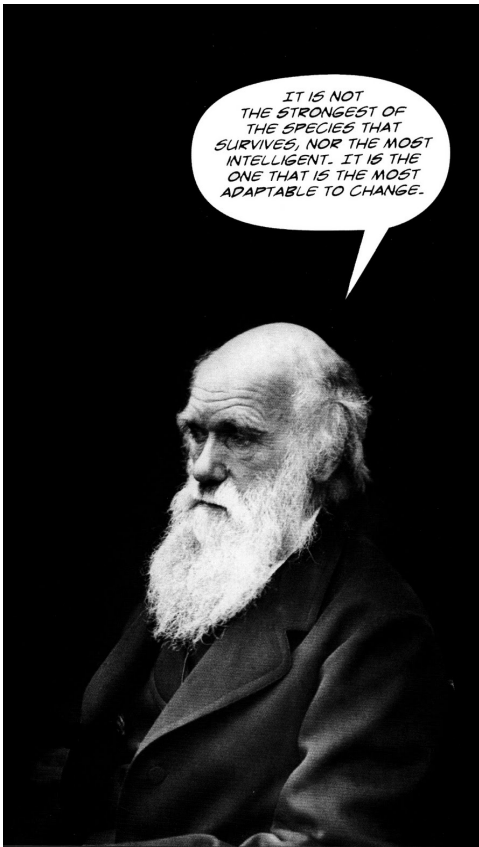


Fig. 118 _ Pensamento Darwinista aplicado no projecto



Fig. 119 _ Bjarke Ingels e o manifesto "Yes is more"

(V1 - V4); de referir que há ainda módulos que são obtidos a partir de um conjunto de processos distintos, como, rotações de 180°, adição de matéria em relação ao modelo base e subtração de partes da geometria inicial (M4 - M12) (Figuras em anexo _ pág. 111).

Como os próprios arquitectos referem, os edifícios assemelham-se a um jogo de Tetris, onde os apartamentos são as peças do mesmo, que estes deslocam no projecto como se estivessem a cair (figuras 116 e 117). Para que tal fosse possível tiveram de ser pensadas de forma a encaixarem nas variadas orientações, gerando, dessa forma, uma multiplicidade de soluções.

Após a análise da agregação dos módulos habitacionais das VM Houses, pode comprovar-se que houve um conjunto de regras que estão subjacentes à maioria dos módulos, as quais originaram outros, gerando, assim, grande diversidade de formas, comparativamente com o que acontece na *Unité d'Habitation*. Usando os pressupostos do pensamento Darwinista, os arquitectos criam arquitectura com significado. Os edifícios surgem de formas que sofreram variadas mutações até chegarem à solução final, o qual foi facilitado pelo recurso ao processo digital, que permitiu, também, uma maior rapidez de execução, tão importante na actualidade.

"I like the idea of architectural evolution in a Darwinian sense (...)”²⁸ Bjarke Ingels (ARCHININJA, 2009)

Nas VM, essa diversidade justifica-se com a necessidade de criar um conjunto diferente, adaptado às famílias modernas (com as suas constantes alterações do espaço) e com maior poder de compra, apelando ao manifesto do arquitecto Bjarke Ingels, “Yes is more” (figura 119).

O “Yes is more”²⁹ é um manifesto que simboliza a necessidade de os arquitectos experimentarem o espaço, apresentando soluções diferentes, para problemas reais. A forma como um pensamento global maior (thinking big, que faz analogia com o nome BIG, Bjarke Ingels Group) pode ser a solução para tratar os “problemas como desafios” (ARCHININJA, 2009).

O modo como fazem arquitectura evidencia essa análise global da vida urbana, que constantemente se encontra em mudança (ARCHININJA, 2009). A sua visão da arquitectura é influenciada pela maneira como as pessoas vivem, pelo trabalho e pelo lazer, que, no seu conjunto, definem formas distintas de vivenciar o espaço por parte de cada pessoa, e é nisso que Bjarke Ingels se baseia para oferecer uma melhor solução arquitectónica (ARCHININJA, 2009). As misturas programáticas dos edifícios denotam apreço por quem vivencia o espaço, daí procurar sempre oferecer algo mais do que o próprio edifício, passando este a ser um elemento dialogante

²⁸ Frase proferida por Bjarke Ingels durante uma entrevista ao site Archininja em 2009. Tradução: " Gosto da ideia de evolução arquitectónica num sentido darwiniano"

²⁹ **Yes is more** _ Livro desenvolvido por Bjarke Ingels em formato de banda desenhada, sobre os projectos e filosofia do gabinete BIG



com a população e ao mesmo tempo “divertido”.

Comparando a forma como *Le Corbusier* pensou nos apartamentos e como Bjarke Ingels e Julien De Smedt também o fizeram, podemos dizer que estes últimos criaram uma maior diversidade, pois, a tecnologia à qual estes tiveram acesso deu a possibilidade de automatizar vários processos. Através de sistemas evolutivos computadorizados foram geradas um maior número de opções, com menor trabalho manual humano. Mediante um conjunto de parâmetros definidos pelos arquitectos, foi possível criar uma multiplicidade de habitações diferentes, tanto nas suas formas, como nas organizações interiores em planta.

Pela distância temporal que os separa, no caso da *Unité d’Habitation*, esse trabalho não foi possível, uma vez que *Le Corbusier* não tinha acesso a nenhum tipo de software, apoiando-se apenas no desenho manual, em maquetes e diagramas, o que, indirectamente, acabou por o condicionar numa possível necessidade de gerar mais formas diferentes.

Se for feita uma analogia com o vocabulário do meio digital, podemos dizer que as VM Houses são a versão 2.0 da *Unité d’Habitation* de Marselha (ARCHELLO, 2010), como que, sobre o modelo base (a primeira versão) se tenham procurado actualizar e corrigir algumas falhas, dando assim origem a uma versão melhorada (*upgrade*), em que foram acrescentadas mais e melhores opções, dando origem a uma forma mais dinâmica.

V. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Todos reconhecemos que a sociedade tem evoluído aceleradamente nas últimas décadas. O mundo experimentou profundas mudanças, as quais alteraram os modos de vida, os hábitos do quotidiano, as tecnologias usadas, e, conseqüentemente, as expectativas das pessoas. Assim sendo, o ser humano têm-se mostrado cada vez mais exigente, também no que se refere às condições de habitabilidade. Hoje, requiere-se, não só que as habitações tenham conforto, mas, simultaneamente, um design moderno.

Estando nós na Era das Tecnologias da Informação e Comunicação, também a arquitectura tem reflectido estes avanços tecnológicos que se têm tornado imprescindíveis na elaboração de projectos mais complexos e com um design mais arrojado. No entanto, podemos dizer que o processo manual de desenho é a base da arquitectura e, talvez, sempre o será, pois é a partir dele que o arquitecto passa da ideia para o que é o início do desenvolvimento do projecto. As formas que "vivem" e "crescem" na mente do arquitecto são materializadas e maturadas pelo desenho.

Da mesma forma que o desenho manual constitui o ponto de partida, também a tecnologia tem tomado uma posição relevante no processo de desenho arquitectónico. Podemos dizer que os processos digitais suprimiram algumas lacunas dos processos tradicionais, especialmente na introdução de geometrias complexas, onde, dando o exemplo de superfícies NURB, estas seriam completamente impossíveis de gerar sem o auxílio de suporte digital. Estes processos, acabam por ser interessantes também no campo da fabricação, a qual possibilita a personalização das peças (mass-customization), bem como rapidez e precisão de execução, contrariando, assim, a necessidade de haver grande produção em série (mass-production) (da SILVA; AMORIM, 2010).

Hoje, é indispensável o uso das tecnologias em projectos de grande dimensão, pela forma como auxiliam o arquitecto a calcular rapidamente variáveis, situações de conflito, bem como, criar modelos segundo variados parâmetros que lhe sejam impostos. Essa capacidade proporciona uma grande flexibilidade, uma vez que, basta alterar valores nos parâmetros, e automaticamente o modelo é actualizado em tempo real, permitindo um trabalho contínuo, com a possibilidade de gerar todo o processo que lhe está subjacente. A sua grande mais-valia, para além de aumentar a eficiência e qualidade das propostas de desenho, prende-se com as infinitas possibilidades que oferece no campo da modelação tri-dimensional avançada, trabalhando lado a lado com o arquitecto, que passa a usufruir de uma ferramenta que, não é apenas o seu estirador digital, mas um programa que apresenta soluções.

Este tipo de ferramentas estão cada vez mais implementadas nos gabinetes de arquitectura, e, embora que de uma forma prática de representação e visualização, são o futuro da investigação experimental de estruturas e geometrias complexas, geração de formas, personalização da arquitectura, permitindo a transformação do meio urbano em que vivemos.

“arquitetura está se transformando, tornando-se, em parte, investigação experimental de geometrias complexas, orquestração computacional de produção material robótica e, esculturação generativa e cinemática do espaço” (da SILVA; AMORIM, 2010)

Focando os casos de estudo desta dissertação (*Unité d'Habitation* de Marselha e VM Houses), podemos considerar que ambos os edifícios são interessantes em vários aspectos. Independentemente da distância temporal que os separa, é notório que ambos foram projectados para as pessoas numa ideia individual de cada família, mas, ao mesmo tempo, com um pensamento global de complexos habitacionais que se inserem num conjunto maior que é a cidade. No entanto, depois de analisar os diversos conjuntos de módulos habitacionais dos dois edifícios, percebe-se que, no caso das VM Houses, houve um pensamento claro em fazer habitações que se adaptassem às diferentes famílias, resultando num grande conjunto de formas distintas, ao contrário da *Unité d'Habitation*, que apenas oferece um conjunto reduzido de formas habitacionais.

Comparando os dois edifícios percebe-se que a *Unité* está estruturada de forma a dar resposta a uma necessidade clara de alojamento de uma grande quantidade de pessoas, com algumas condicionantes como, a redução ao máximo dos espaços, restringindo todas as áreas ao essencial, mas também a contenção de custos de construção. Todas estas condicionantes levaram *Le Corbusier* a criar um edifício baseado numa forma simples, que seguia o modelo construtivo já estudado (Dominó), mas que, na prática, se revela exemplar, pelo modo como trouxe para si um conjunto de equipamentos, apelando à ideia de cidade-vertical. Em relação às habitações, o modelo introduzido revelou-se eficaz, pois permitiu resolver o problema da habitação através de uma forma simples de agregação de dois módulos, com um corredor central que os une, no entanto, não foi introduzida diversidade, limitando-se a sucessivas repetições de conjuntos de dois módulos habitacionais iguais.

Nas VM Houses, o panorama é claramente diferente, uma vez que não houve grandes entraves em relação aos custos, o que acabou por dar a possibilidade aos arquitectos de experienciar novas formas de habitação. Apesar de terem sido projectadas quase 60 anos mais tarde, ficam evidentes algumas similitudes com a *Unité*, e os próprios arquitectos revelam que esta foi, na realidade, uma fonte de inspiração para desenvolver o seu projecto, no entanto,

acrescentaram-lhe a diversidade que lhe foi proporcionada pela tecnologia disponível no seu tempo. "We don't concern ourselves with being trendy, in general we tend to study the works of our dead ancestors rather than our contemporaries – first of all they have often dealt with similar issues but in times with dissimilar techniques and possibilities. Such research means we learn a lot but we might have new materials at hand and new techniques to allow us to go beyond. (...)³⁰" (ARCHININJA, 2009)

Os mesmos arquitectos salientam ainda, que a evolução esteve sempre presente na sua forma de projectar, numa alusão clara a Charles Darwin. A grande diversidade de populações na natureza, e o modo como evoluíram ao longo do tempo, é transposto para a maneira como Bjarke Ingels e Julien De Smedt veem e desenvolvem a arquitectura. Fazendo uma analogia a Darwin, as inúmeras comunidades de seres vivos são as várias tentativas de desenho de formas arquitectónicas, que se cruzam com as diversas condicionantes da natureza, que no caso da arquitectura, será a sociedade que habita o espaço (ARCHININJA, 2009). Essa evolução permitiu oferecer um edifício complexo, que se relaciona com as pessoas e que, ao mesmo tempo, se baseia na própria diversidade das comunidades para se "adaptar" às famílias que o habitam e com ele interagem.

A grande multiplicidade de formas e materiais usados permitiu a obtenção de um edifício dinâmico e, esteticamente notável, de forma a satisfazer um público-alvo diversificado, com maior poder de compra e, conseqüentemente, mais exigente. Tal ficou evidente aquando da venda de todos os apartamentos, em apenas três semanas após a publicitação dos mesmos (JORGE, 2012).

Passados mais de 10 anos, é interessante analisar o raciocínio por detrás das VM, onde foi essencial criar apartamentos diferentes, para famílias distintas, apresentando uma solução diferenciada em relação aos habituais blocos habitacionais que se elevam em altura. Esta multiplicidade de formas permitiu responder à questão "Se as pessoas são diferentes, por que é que todos os apartamentos terão de ser iguais?" (MICHAEL, 2017).

O processo digital permitiu aos arquitectos visualizar e estudar as várias soluções de

³⁰ Frase proferida por Bjarke Ingels durante uma entrevista ao site Archininja em 2009. Tradução: "Não nos preocupamos com a moda, em geral, tendemos a estudar as obras dos nossos antepassados que já morreram, em vez dos nossos contemporâneos - antes de mais, eles lidaram frequentemente com questões semelhantes, mas com técnicas e possibilidades diferentes. Essa pesquisa significa que nos apoiamos muito neles, mas podemos ter novos materiais à mão e novas técnicas que nos permitam ir além. (...)"

apartamentos, materiais, etc, em 3D, possibilidade que *Le Corbusier* não dispôs, daí a maior monotonia das formas (edifício e módulos habitacionais), algo condicionadas pelo facto de no seu tempo, qualquer alteração ao projecto, ou aumento da complexidade do mesmo, implicar refazer grande parte do trabalho, e, mais tempo despendido.

Apesar de todos os entraves existentes na altura, a *Unité d'Habitation* resultou num edifício emblemático, tendo *Le Corbusier* conseguido encontrar soluções, que ainda hoje, com outros recursos, inspiram arquitectos da era digital, como Bjarke Ingels e Julien De Smedt. No entanto, fica evidente que as tecnologias são uma mais-valia na arquitectura, pois permitem gerar uma maior diversidade de formas, com mais facilidade e rapidez de execução, dando a possibilidade de serem manipuladas, para se adaptarem ao gosto do arquitecto, tal como aconteceu nas VM Houses.

VI. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- . ARCELLO (2010, Julho, 20) VM HOUSES. Retrieved from <http://www.archello.com/en/project/vm-houses>
- . ARCHININJA (2009) Interview with Bjarke Ingels. Retrieved from <http://www.archi-ninja.com/interview-with-bjarke-ingels/>
- . ARCSpace (2012, Julho, 13) VM Houses. Retrieved from <https://arcspace.com/feature/vm-houses/>
- . AZEVEDO, Nuno Miguel Cruz. (2016) A HABITAÇÃO INDUSTRIAL DO SÉCULO XX: o módulo enquanto ferramenta racional arquitetónica, Dissertação de Mestrado, Faculdade de Arquitectura da Universidade do Porto
- . BALTANÁS, José. (2005) Le Corbusier, promenades, Editorial Gustavo Gili, SA
- . BOESIGER, Willy. (2001) Le Corbusier 1910-65, Editorial Gustavo Gili, SA
- . CARONE, Marcella (2016, Fevereiro, 12) Computação evolutiva e as cidades do futuro. Retrieved from <http://ipiu.org.br/computacao-evolutiva-e-as-cidades-do-futuro/>
- . CASTRO H., Gonçalo; BUENO, Ernesto (2010, Fevereiro, 10) Geometrias Complexas e Desenho Paramétrico. Retrieved from <http://www.vitruvius.com.br/revistas/read/drops/10.030/2109>
- . CELANI, G., CYPRIANO, D., GODOI, G., & Vaz, C. A Gramática da Forma como metodologia de análise e síntese em Arquitectura, São Paulo, s.d., Universidade de Campinas
- . CHANG, Lian. (2015, Maio, 12) The Software Behind Frank Gehry's Geometrically Complex Architecture. Retrieved from <https://priceconomics.com/the-software-behind-frank-gehrys-geometrically/>
- . CHOUCOULAS, Orestes. (2003) SHAPE EVOLUTION An Algorithmic Method for Conceptual Architectural Design Combining Shape Grammars and Genetic Algorithms, Bsc (Hons) for the degree of PhD of the University of Bath
- . DARWIN, Charles. (1859) On the Origin of Species, by Means of Natural Selection, John Murray
- . da SILVA, Robson Canuto; AMORIM, Luiz Manuel do Eirado (2010) Urbanismo paramétrico: emergência, limites e perspectivas de nova corrente de desenho urbano fundamentada em sistemas de desenho paramétrico. Retrieved from <http://www.nomads.usp.br/virus/virus03/submitted/layout.php?item=2&lang=pt>
- . DEISGN (2012, Março, 4) VM House in Copenhagen. Retrieved from <https://iremlandscape>.

wordpress.com/2012/03/04/vm-house-in-copenhagen/7

. de La ISLA, Francisco (2008, Setembro, 18) VM Houses. Retrieved from <http://www.arqred.mx/blog/2008/09/18/vm-houses/>

. DUARTE, José Pinto. (2001) Customizing mass housing: a discursive grammar for Siza's Malagueira houses, PhD Dissertation, MIT

. DOKAJ, Erda (2016) VM Houses | BIG. Retrieved from <https://www.arch2o.com/vm-houses-big/>

. Documentary: Sketches of Frank Gehry. Direção: Sydney Pollack. Estados Unidos: 2006. 86 minutos, Banda sonora de Claes Nystrom, Jonas Sorman. Retrieved from <https://www.youtube.com/watch?v=vYt2SQPqTh0&t=1549s>

. FERRÃO, José; ELOY, Sara. (2014) As Gramáticas da Forma no Processo de Criação Arquitetónica. As Gramáticas Originais e o Desenho do Espaço, In atas do 3º Seminário Internacional Arquiteturas do Mar, da Terra e do Ar, Volume Cidades Desejadas e Sonhadas, Ideias do Amanhã pp.319-328. AEAULP. 13-15 Outubro FAUL, Lisboa

. GIPS, James. (1975) Shape Grammars and their Uses: Artificial Perception, Shape Generation and Computer Aesthetics, Basel

. GODOI, Giovana de. (2008) Sistemas Generativos de Projeto: Um Estudo de Campo em Monte Alegre do Sul, Dissertação de Mestrado, Universidade Estadual de Campinas

. GRIMAS, Washington (2016, Dezembro, 12) Afinal o que é a Arquitetura de Soluções de TI e qual o papel nas empresas e negócios. Retrieved from <https://pt.linkedin.com/pulse/afinal-o-que-%C3%A9-arquitetura-de-solu%C3%A7%C3%B5es-ti-e-qual-nas>

. HERTZBERGER, Herman. (2015) Architecture and Structuralism: The Ordering of Space, Nai010 Publishers

. HIN, Kees; KLOOS, Maarten. (2010) Searching for Space: on the architect Herman Hertzberger, NAI Uitgevers/Publishers Stichting

. INGELS, Bjarke. (2009) Yes is More: An Archicomic on Architectural Evolution, TASCHEN

. JORGE, Liziane de Oliveira. (2012) Estratégias de flexibilidade na arquitetura multifamiliar, Dissertação, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo

. KNIGHT, T. W. (1999) Applications in Architectural Design, and Education and Practice. Report for the NSF/MIT Workshop on Shape Computation, Cambridge

. KONING, H.; EIZENBERG, J. (1981) The language of the prairie: Frank Lloyd Wright's prairie houses, Environment and Planning B; 1981, volume 8, páginas 295-323

- . KRÜGER, Mário (Ed.). n/a et al. (2014) JOELHO 5 Digital Alberti: Tradition and Innovation, JOELHO, Universidade de Coimbra
- . LIEW, Haldane. (2004) SGML: a meta-language for shape grammar, MIT
- . MARTÍN, Nacho (2016, Fevereiro, 12) Realidade virtual na arquitetura: espaços virtuais e a próxima fronteira de projeto. Retrieved from <https://www.archdaily.com.br/br/781843/arquitetura-rv-por-que-a-proxima-etapa-de-projeto-sera-os-espacos-virtuais>
- . MICHAEL (2017, Março, 20) THE VM HOUSES IN DENMARK DESIGNED BY PLOT (BIG+JDS). Retrieved from <https://www.livinspaces.net/projects/architecture/vm-houses-denmark-designed-plot-bigjds/>
- . MITCHELL, Melanie. (1998) An introduction to genetic algorithms, MIT Press, Cambridge
- . MONTANER, Josep Maria. (2002) As Formas do Século XX, Gustavo Gili, S.A.
- . MOORE, C.; MITCHELL, W.; TURNBULL, J. (1995) The Poetics of Gardens. Cambridge: MIT Press
- . SBRIGLIO, Jacques. (2004) Le Corbusier: The Unite d'Habitation in Marseille, Birkhäuser Architecture, 1st Edition
- . STINY, George; GIPS, James. (1978) Algorithmic Aesthetics. Berkeley: University of California Press
- . STINY, George; MITCHELL, W. J. (1978) The Palladian grammar, Environment and Planning B; 1978, volume 5, páginas 5-18
- . STINY, George. (1976) Two exercises in formal composition, Environment and Planning B, páginas 187-210
- . TEDxAmsterdam - Bjarke Ingels. Amesterdão: 2009. Retrieved from <https://www.youtube.com/watch?v=8fleg8QZZLU&feature=youtu.be>
- . VEDRENNE, Elisabeth. (2003) Le Corbusier, Assouline Publishing
- . WIKIARQUITECTURA (2014) VM HOUSE. Retrieved from <https://en.wikiarquitectura.com/building/vm-house/>

VII. REFERÊNCIAS DAS FIGURAS

Figura 1 _ http://pre.univesp.br/o-numero-de-ouro-e-a-divina-proporcao#.Wi7o-N9l_Dc _ acessado em 22 de Janeiro de 2017

Figura 2 _ https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Da_Vinci%27s_Anatomical_Man.jpg _ acessado em 22 de Janeiro de 2017

Figura 3 _ <http://www.cassiniemann.com/architecture-strength/> _ acessado em 22 de Janeiro de 2017

Figura 4 _ <https://www.plataformaarquitectura.cl/cl/02-140004/clasicos-de-arquitectura-quinta-da-malagueira-alvaro-siza> _ acessado em 18 de Dezembro de 2016

Figura 5 _ <https://bimchile.wordpress.com/category/news/page/5/> _ acessado em 19 de Dezembro de 2016

Figura 6 _ http://faculty.virginia.edu/GrowUrbanHabitats/case_studies/case_study_010127.html _ acessado em 11 de Dezembro de 2016

Figura 7 _ <http://hertzbergertca.blogspot.pt/2009/10/montessori-school-delf.html> _ acessado em 20 de Janeiro de 2017

Figura 8 _ <https://pt.pinterest.com/pin/511791945136025256/> _ acessado em 20 de Janeiro de 2017

Figura 9 _ <https://www.dezeen.com/2011/12/06/key-projects-by-herman-hertzberger/> _ acessado em 20 de Janeiro de 2017

Figura 10 _ <http://www.archdaily.com.br/br/784779/escritorio-big-projeta-habitat-moshe-safdie-inspired-para-toronto> _ acessado em 16 de Dezembro de 2016

Figura 11 _ <http://www.archdaily.com/404803/ad-classics-habitat-67-moshe-safdie> _ acessado em 16 de Dezembro de 2016

Figura 12 _ <http://inhabitat.com/sky-village-by-mvrdv-and-adept/> _ acessado em 16 de Dezembro de 2016

Figura 13 _ <http://inhabitat.com/sky-village-by-mvrdv-and-adept/> _ acessado em 16 de Dezembro de 2016

Figura 14 _ <http://www.itслиquid.com/folie-richter-mvrdv.html> _ acessado em 16 de Dezembro de 2016

Figura 15 _ <https://www.dezeen.com/2007/05/31/oxley-woods-by-rogers-stirk-harbour-and-partners/> _ acessado em 16 de Dezembro de 2016

Figura 16 _ <http://www.pportodosmuseus.pt/2013/04/10/exposicao-alberti-digital-museu-da-ciencia/> _ acessado em 23 de Novembro de 2016

Figura 17 _ <http://fufurasu.org/research/aid02abstract.pdf> _ acessado em 17 de Dezembro de 2016

Figura 18 _ https://ia.wikipedia.org/wiki/Systema_binari _ acessado em 27 de Setembro de 2017

Figura 19 _ <https://www.3ds.com/about-3ds/history/1981-1997/> _ acessado em 02 de Outubro de 2017

Figura 20 _ <http://www.artcentrebasel.com/exhibition/museums-for-a-new-millennium/> _ acessado em 02 de Outubro de 2017

Figura 21 _ <http://www.alliesandmorrison.com/expertise/bim/> _ acessado em 05 de Outubro de 2017

Figura 22 _ https://thebimhub.com/events/2015/08/bim-training-course-generating-value-with-bim-101/#.Wi7zvN9l_Dc _ acessado em 05 de Outubro de 2017

Figura 23 _ <http://guiaobraprima.com.br/noticias/construcoes-sustentaveis-apostam-no-bim> _ acessado em 06 de Outubro de 2017

Figura 24 _ <https://www.domusweb.it/en/architecture/2011/05/19/architecture-in-uniform-at-the-cca.html> _ acessado em 12 de Outubro de 2017

Figura 25 _ <https://www.pinterest.pt/pin/516858494707995651/> _ acessado em 11 de Outubro de 2017

Figura 26 _ <https://priceconomics.com/the-software-behind-frank-gehrys-geometrically/> _ acessado em 15 de Outubro de 2017

Figura 27 _ <https://pt.linkedin.com/pulse/afinal-o-que-%C3%A9-arquitetura-de-solu%C3%A7%C3%B5es-ti-e-qual-nas> _ acessado em 18 de Outubro de 2017

Figura 28 _ <https://www.archdaily.com/783677/4-ways-virtual-and-augmented-reality-will-revolutionize-the-way-we-practice-architecture> _ acessado em 19 de Outubro de 2017

Figura 29 _ <https://www.archdaily.com.br/br/781843/arquitetura-rv-por-que-a-proxima-etapa-de-projeto-sera-os-espacos-virtuais> _ acessado em 19 de Outubro de 2017

Figura 30 _ <https://www.archdaily.com.br/br/781843/arquitetura-rv-por-que-a-proxima-etapa-de-projeto-sera-os-espacos-virtuais> _ acessado em 19 de Outubro de 2017

Figura 31 _ <http://compostimes.com/2012/12/grandes-maestros-oscar-niemeyer-y-ii/> _ acessado em 22 de Outubro de 2017

Figura 32 _ <http://planta1.com/blog/oscar-niemeyer-the-man-who-loved-curves-for-more-than-a-hundred-years/> _ acessado em 22 de Outubro de 2017

Figura 33 _ <https://www.designboom.com/architecture/louvre-abu-dhabi-opening-jean-nouvel-uae-11-07-2017/> _ acessado em 22 de Outubro de 2017

Figura 34 _ <http://arch689.blogspot.pt/2012/03/arch689-project-1.html> _ acessado em 24 de Outubro de 2017

Figura 35 _ <http://arch689.blogspot.pt/2012/03/arch689-project-1.html> _ acessado em 24 de Outubro de 2017

Figura 36 _ <http://arch689.blogspot.pt/2012/03/arch689-project-1.html> _ acessado em 24 de Outubro de 2017

Figura 37 _ <http://arch689.blogspot.pt/2012/03/arch689-project-1.html> _ acessado em 24 de Outubro de 2017

Figura 38 _ <https://www.inexhibit.com/mymuseum/louvre-abu-dhabi-jean-nouvel/> _ acessado em 24 de Outubro de 2017

Figura 39 _ <https://danielmiessler.com/blog/mangling-the-evolution-arguments/> _ acessado em 20 de Outubro de 2017

Figura 40 _ <https://sites.google.com/site/biologiaaulaseprovas/hereditariedade-e-diversidade-da-vida/fundamentos-geneticos-da-evolucao/selecao-natural> _ acessado em 25 de Outubro de 2017

Figura 41 _ ARAÚJO, Allysson Alex de Paula. (2015) Uma arquitetura utilizando algoritmo genético interativo e Aprendizado de máquina aplicado ao problema do próximo Release, Dissertação, Universidade Estadual do Ceará

Figura 42 _ <http://ipiu.org.br/computacao-evolutiva-e-as-cidades-do-futuro/> _ acessado em 28 de Outubro de 2017

Figura 43 _ <http://ipiu.org.br/computacao-evolutiva-e-as-cidades-do-futuro/> _ acessado em 28 de Outubro de 2017

Figura 44 _ <http://ipiu.org.br/computacao-evolutiva-e-as-cidades-do-futuro/> _ acessado em 28 de Outubro de 2017

Figura 45 _ http://www.inflexions.org/n7_nocek.html _ acessado em 11 de Dezembro de 2016

Figura 46 _ https://softbuiltstudio.wordpress.com/student-work-2/week-2_computational-patterning-with-shape-grammars/shape-grammar-snow/ _ acessado em 11 de Dezembro de 2016

Figura 47 _ <http://plus.swap-zt.com/publikation/palladian-graphs/> _ acessado em 10 de Outubro de 2016

Figura 48 _ <http://slideplayer.com/slide/9112988/> _ acessado em 10 de Outubro de 2016

Figura 49 _ GODOI, Giovana de. (2008) Sistemas Generativos de Projeto: Um Estudo de Campo em Monte Alegre do Sul, Dissertação, Universidade Estadual de Campinas

Figura 50 _ GODOI, Giovana de. (2008) Sistemas Generativos de Projeto: Um Estudo de Campo em Monte Alegre do Sul, Dissertação, Universidade Estadual de Campinas

Figura 51 _ GODOI, Giovana de. (2008) Sistemas Generativos de Projeto: Um Estudo de Campo em Monte Alegre do Sul, Dissertação, Universidade Estadual de Campinas

Figura 52 _ <https://www.metalocus.es/es/noticias/17-obras-de-le-corbusier-son-ya-patrimonio-mundial> _ acessado em 02 de Novembro de 2017

Figura 53 _ <https://www.archdaily.com/85971/ad-classics-unite-d-habitation-le-corbusier> _ acessado em 02 de Novembro de 2017

Figura 54 _ _ acessado em 02 de Novembro de 2017

Figura 55 _ <https://www.pinterest.pt/pin/397794579568898527/> _ acessado em 02 de Novembro de 2017

Figura 56 _ <http://idinterdesign.ca/le-nombre-dor-en-architecture/> _ acessado em 02 de Novembro de 2017

Figura 57 _ <http://www.vitruvius.com.br/revistas/read/arquitextos/06.069/385> _ acessado em 02 de Novembro de 2017

Figura 58 _ <http://aristeas3d.blogspot.pt/2015/02/> _ acessado em 03 de Novembro de 2017

Figura 59 _ http://www.fondationlecorbusier.fr/corbuweb/morpheus.aspx?sysId=13&IrisObjectId=5599&sysLanguage=en-en&itemPos=9&itemSort=en-en_sort_string1%20&itemCount=215&sysParentName=&sysParentId= _ acessado em 01 de Novembro de 2017

Figura 60 _ <http://www.sj-ho.com/2015/01/do-highrises-dream-of-technicolor-floors.html> _ acessado em 01 de Novembro de 2017

Figura 61 _ <https://www.domusweb.it/en/from-the-archive/2011/02/28/corbusier-s-cite-radieuse.html> _ acessado em 01 de Novembro de 2017

Figura 62 _ <https://www.swissinfo.ch/por/50--ano-da-morte-de-corbusieradd-the-underlines%C3%ADmbolo-de-modernidade-da-su%C3%AD%C3%A7a/41611894> _ acessado em 01 de Novembro de 2017

Figura 63 _ http://www.fondationlecorbusier.fr/corbuweb/morpheus.aspx?sysId=13&IrisObjectId=6487&sysLanguage=fr-fr&itemPos=3&itemSort=fr-fr_sort_string1&itemCount=3&sysParentName=Home&sysParentId=11 _ acessado em 05 de Novembro de 2017

Figura 64 _ <https://misfitsarchitecture.com/tag/unite-dhabitation-marseilles/> _ acessado em 05 de Novembro de 2017

Figura 65 _ http://onearchitectforaweek.blogspot.pt/2013/03/le-corbusier_28.html _ acessado em 05 de Novembro de 2017

Figura 66 _ <https://misfitsarchitecture.com/tag/unite-dhabitation-marseilles/> _ acessado em 05 de Novembro de 2017

Figura 67 _ <https://www.amazon.ca/Corbusier-dhabitation-Marseille-nouvelle-%C3%A9dition/dp/2863642774> _ acessado em 09 de Novembro de 2017

Figura 68 _ <https://www.pinterest.es/pin/213709944797297871/> _ acessado em 09 de Novembro de 2017

Figura 69 _ <http://modernistarchitecture.blogspot.pt/2015/07/the-radiant-city.html> _ acessado em 16 de Outubro de 2017

Figura 70 _ https://commons.wikimedia.org/wiki/File:M%C3%B3dulo_de_vivienda_tipo_de_Unit%C3%A9_d%C2%B4Habitacion.jpg _ acessado em 08 de Novembro de 2017

Figura 71 _ <https://www.architectural-review.com/rethink/le-corbusier-spent-several-months-arriving-at-the-exact-form-for-the-unit-dhabitations-pilotis/10008291.article> _ acessado em 11 de Novembro de 2017

Figura 72 _ <http://www.lefigaro.fr/culture/2015/04/28/03004-20150428ARTFIG00023-le-corbusier-en-cinq-oeuvres-majeures.php> _ acessado em 11 de Novembro de 2017

Figura 73 _ <https://thewire.in/133429/achyut-kanvinde-on-the-quest-for-quality-architecture/> _ acessado em 11 de Novembro de 2017

Figura 74 _ <http://www.blumenuvertical.com.br/2013/01/conjunto-de-predios-na-dinamarca-lembra.html> _
acedido em 15 de Novembro de 2017

Figura 75 _ <https://www.flickr.com/photos/eager/12648037565> _ acedido em 24 de Novembro de 2017

Figura 76 _ <http://www.johanfowelin.com/2005/vm-houses/> _ acedido em 27 de Novembro de 2017

Figura 77 _ <http://www.johanfowelin.com/2005/vm-houses/> _ acedido em 27 de Novembro de 2017

Figura 78 _ <https://www.archdaily.com/553064/spotlight-bjarke-ingels> _ acedido em 12 de Outubro de 2016

Figura 79 _ <https://www.arthitectoral.com/jds-architects-vm-house/> _ acedido em 20 de Novembro de 2017

Figura 80 _ Desenho do autor, adaptado do original dos arquitectos

Figura 81 _ <https://iremlandscape.wordpress.com/2012/03/04/vm-house-in-copenhagen/> _ acedido em 04 de
Novembro de 2017

Figura 82 _ https://commons.wikimedia.org/wiki/File:VM_Houses_2.jpg _ acedido em 12 de Outubro de 2017

Figura 83 _ <http://www.archello.com/en/project/vm-houses> _ acedido em 20 de Novembro de 2017

Figura 84 _ Desenho do autor, adaptado do original dos arquitectos

Figura 85 _ <https://www.pinterest.pt/pin/190980840424511202/> _ acedido em 24 de Novembro de 2017

Figura 86 _ <http://www.bethannngreen.com/the-most-architecturally-intriguing-airbnb-rentals-around-the-world/> _
acedido em 24 de Novembro de 2017

Figura 87 _ <http://pfnpphoto.com/new/2012/12/vm-houses-copenhagen/> _ acedido em 17 de Março de 2017

Figura 88 _ <https://www.newyorker.com/magazine/2012/09/10/high-rise> _ acedido em 01 de Dezembro de 2017

Figura 89 _ https://www.mimoo.eu/projects/Denmark/Copenhagen/VM_Housing/ _ acedido em 28 de Novembro
de 2017

Figura 90 _ <http://iwan.com/portfolio/vm-houses-copenhagen-big-bjarke-ingels-group/> _ acedido em 15 de
Dezembro de 2017

Figura 91 _ <http://www.archello.com/en/project/vm-houses> _ acedido em 03 de Dezembro de 2017

Figura 92 _ https://quintinlake.photoshelter.com/image/I00008F_412IL9uw _ acedido em 08 de Dezembro de 2017

Figura 93 _ <https://br.pinterest.com/pin/339669996869820662/> _ acedido em 08 de Dezembro de 2017

Figura 94 _ <http://www.choispace.com/contents/post.asp?fn=3C903E2A460Bdf9d067a3f3e862a913d912c3ac32f84>
_ acedido em 10 de Dezembro de 2017

Figura 95 _ <http://mapio.net/pic/p-46380386/> _ acedido em 26 de Novembro de 2017

Figura 96 _ <https://www.pinterest.pt/pin/302585668695158147/> _ acedido em 26 de Novembro de 2017

Figura 97 _ <https://www.pinterest.pt/pin/348677196124507395/> _ acedido em 26 de Novembro de 2017

Figura 98 _ <https://www.archdaily.com/85971/ad-classics-unite-d-habitation-le-corbusier> _ acedido em 26 de
Novembro de 2017

Figura 99 _ http://www.solaripedia.com/13/333/3974/the_mountain_roof_garden.html _ acedido em 24 de
Novembro de 2017

Figura 100 _ <http://www.architectuur-fotograaf.eu/?portfolio=kopenhagen> _ acedido em 12 de Novembro de 2017

Figura 101 _ <https://architizer.com/projects/vm-houses/> _ acedido em 14 de Novembro de 2017

Figura 102 _ <http://iwan.com/portfolio/vm-houses-copenhagen-big-bjarke-ingels-group/> _ acedido em 14 de
Novembro de 2017

Figura 103 _ <http://www.bbc.com/culture/story/20130423-design-icon-or-concrete-horror> _ acessado em 04 de Novembro de 2017

Figura 104 _ https://www.tripadvisor.com/LocationPhotoDirectLink-g187253-d247507-i256183166-Cite_Radieuse_Le_Corbusier-Marseille_Bouches_du_Rhone_Provence_Alpes_Cote.html _ acessado em 07 de Novembro de 2017

Figura 105 _ <http://iwan.com/portfolio/vm-houses-copenhagen-big-bjarke-ingels-group/> _ acessado em 02 de Dezembro de 2017

Figura 106 _ <http://www.acaixanegra.com/works/unite-dhabitation-marseille/> _ acessado em 06 de Dezembro de 2017

Figura 107 _ <https://www10.aecafe.com/blogs/arch-showcase/2011/06/01/vm-houses-in-copenhagen-denmark-by-plotbigjds/> _ acessado em 14 de Setembro de 2016

Figura 108 _ <https://www.pinterest.pt/pin/159103799308220739/> _ acessado em 14 de Setembro de 2016

Figura 109 _ <https://en.paperblog.com/most-stylish-architect-in-history-le-corbusier-523877/> _ acessado em 06 de Dezembro de 2017

Figura 110 _ <https://worldarchitecture.org/articles-links/cef/v/carlo-ratti-and-bigs-bjarke-ingels-on-europacity.html> _ acessado em 06 de Dezembro de 2017

Figura 111 _ Desenhos da autoria de Rodrigo José Machado, com base em diversos desenhos encontrados

Figura 112 _ Desenhos da autoria de Rodrigo José Machado

Figura 113 _ Desenhos da autoria de Rodrigo José Machado

Figura 114 _ Desenhos da autoria de Rodrigo José Machado

Figura 115 _ Desenhos da autoria de Rodrigo José Machado

Figura 116 _ <https://br.pinterest.com/pin/341640321703420443/> _ acessado em 01 de Dezembro de 2017

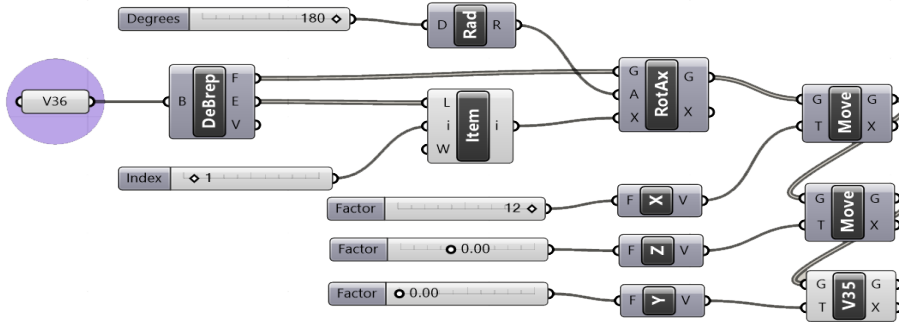
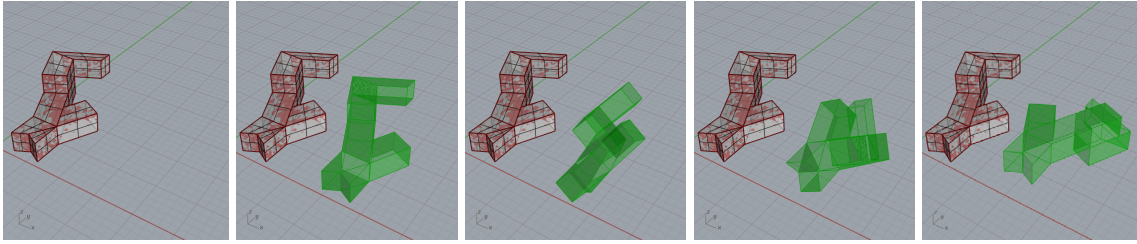
Figura 117 _ <https://www.flickr.com/photos/lunamtra/8091344807> _ acessado em 04 de Dezembro de 2017

Figura 118 _ <https://simonfroggattgraphics.wordpress.com/2015/04/16/how-design-can-improve-quality-of-life/> _ acessado em 08 de Dezembro de 2017

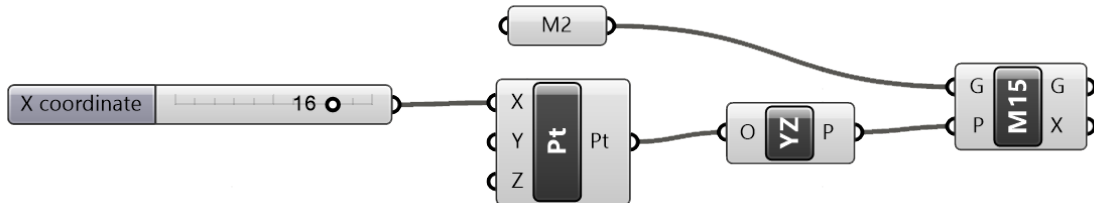
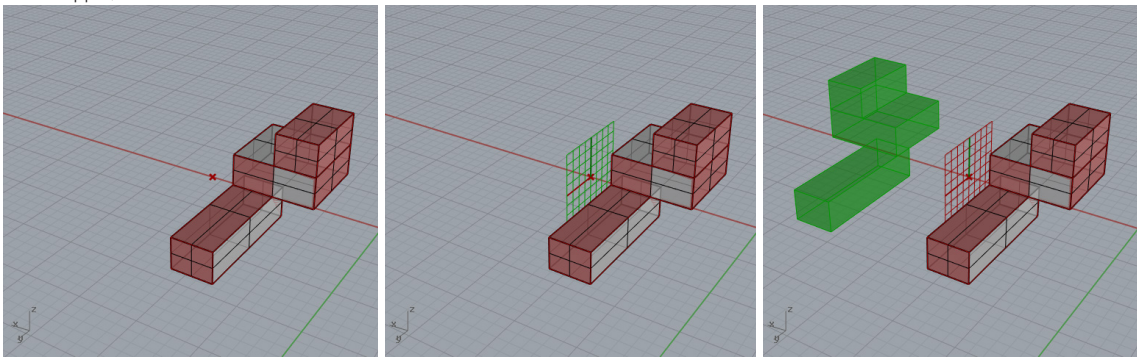
Figura 119 _ <https://thatarchitecturestudent.com/2016/08/23/how-to-be-like-bjarke-ingels/> _ acessado em 08 de Dezembro de 2017

Figura 120 _ <http://sce.parsons.edu/blog/guest-lecture-bjarke-ingels/> _ acessado em 08 de Dezembro de 2017

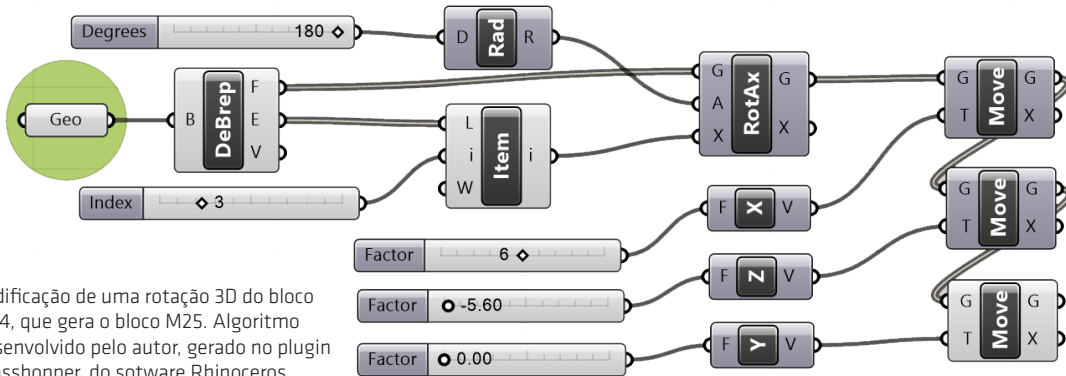
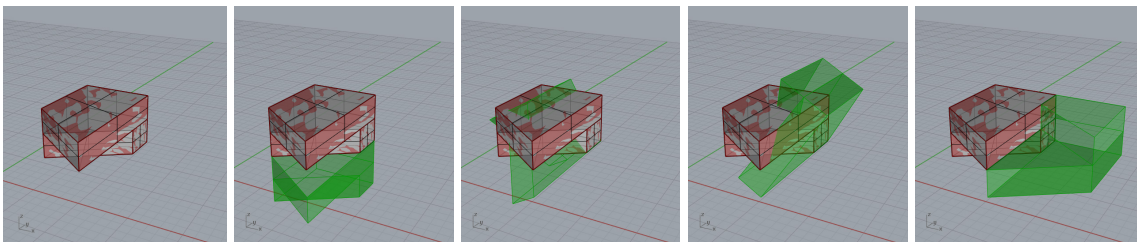
VIII. ANEXOS



Codificação de uma rotação 3D do bloco V36, que gera o bloco V35. Algoritmo desenvolvido pelo autor, gerado no plugin Grasshopper, do software Rhinoceros



Codificação de uma simetria do bloco M2, que gera o bloco M15. Algoritmo desenvolvido pelo autor, gerado no plugin Grasshopper, do software Rhinoceros



Codificação de uma rotação 3D do bloco M24, que gera o bloco M25. Algoritmo desenvolvido pelo autor, gerado no plugin Grasshopper, do software Rhinoceros

M Building _95 Housing Units

TIPOLOGIA	3D	PLANTA					
m1				m14			Espelho segundo eixo Y
m2				m15			Espelho segundo eixo Y
m3				m16			Espelho segundo eixo Y
m4				m12			
m4				m17			Espelho segundo eixo Y
m4				m18			
m5				m6			Diversidade interior
m7				m19			Diversidade interior
m8				m13			
m8				m28			
m9				m21			Diversidade interior
m9				m36			Diversidade interior + Ligeiro aumento de área
m10				m20			Diversidade interior
m12				m12a			Diversidade interior
m12				m17			
m12				m18			Espelho segundo eixo Y
m13				m26			
m13				m28			
m17				m18			
m21				m36			Diversidade interior + Ligeiro aumento de área
m22				m22a			Diversidade interior
m23				m23a			Diversidade interior
m24				m25			Rotação 3D segundo eixo Z
m27							
m29				m33			
m30							
m31				m35			
m32				m32a			Diversidade interior
m37							

Relações de similaridade de formas no Bloco M. Desenho desenvolvido pelo autor

M Building_ 95 Housing Units

TIPOLOGIA	3D	PLANTA	ÁREA	DUPLEX	Nº REPETIÇÕES BLOCO
m1			99.02 m ²	SIM	8
m2			112.66 m ²	SIM	6
m3			114.49 m ²	SIM	6
m4			114.49 m ²	SIM	3
m5			59.64 m ²	NÃO	7
m6			59.64 m ²	NÃO	5
m7			69.59 m ²	NÃO	2
m8			113.88 m ²	SIM	2
m9			75.11 m ²	NÃO	2
m10			75.79 m ²	NÃO	5
m12			113.61 m ²	SIM	2
m12a			113.61 m ²	SIM	1
m13			113.88 m ²	SIM	1
m14			99.02 m ²	SIM	10
m15			112.66 m ²	SIM	10
m16			114.49 m ²	SIM	10
m17			116.64 m ²	SIM	1
m18			108.15 m ²	SIM	1
m19			69.59 m ²	NÃO	2
m20			75.79 m ²	NÃO	3

m21			75.11 m ²	NÃO	2
m22			139.17 m ²	SIM	1
m22a			139.17 m ²	SIM	1
m23			91.17 m ²	SIM	1
m23a			91.17 m ²	SIM	1
m24			143.12 m ²	SIM	1
m25			128.78 m ²	SIM	1
m26			108.08 m ²	SIM	1
m27			50.53 m ²	NÃO	1
m28			104.75 m ²	SIM	1
m29			93.97 m ²	SIM	1
m30			131.71 m ²	SIM	1
m31			88.36 m ²	SIM	2
m32			138.78 m ²	SIM	1
m32a			138.78 m ²	SIM	1
m33			93.86 m ²	SIM	1
m35			97.45 m ²	SIM	1
m36			69.38 m ²	NÃO	1
m37			85.87 m ²	SIM	1

Módulos habitacionais do Bloco M. Desenho desenvolvido pelo autor

V Building _ 114 Housing Units

TIPOLOGIA	3D	PLANTA (sem varanda)	ÁREA (sem varanda)	PLANTA (com varanda)	ÁREA (com varanda)	DUPLEX	Nº REPETIÇÕES BLOCO
v1			102.6 m ²		111.24 m ²	SIM	18
v2			102.6 m ²		111.24 m ²	SIM	18
v3			102.6 m ²		111.24 m ²	SIM	10
v4			102.6 m ²		111.24 m ²	SIM	10
v10			71.98 m ²		80.62 m ²	NÃO	1
v11			142.02 m ²		150.66 m ²	SIM	1
v12			71.98 m ²		80.62 m ²	NÃO	1
v13ac			78.75 m ²		87.39 m ²	NÃO	1
v13b			78.75 m ²		87.39 m ²	NÃO	1
v13c			78.75 m ²		87.39 m ²	NÃO	1
v14			127.24 m ²		135.88 m ²	SIM	1
v15a			87.68 m ²		96.32 m ²	NÃO	1
v15b			87.68 m ²		96.32 m ²	NÃO	1
v15c			87.68 m ²		96.32 m ²	NÃO	1
v16a			127.24 m ²		135.88 m ²	SIM	1
v16b			127.24 m ²		135.88 m ²	SIM	1
v17			71 m ²		79.65 m ²	NÃO	1
v18			127.24 m ²		135.88 m ²	SIM	1
v19			87.68 m ²		96.32 m ²	NÃO	1
v20			150.68 m ²	—	—	NÃO	1
v30			99.50 m ²		108.14 m ²	SIM	2
v31			99.50 m ²		108.14 m ²	SIM	2
v32			99.50 m ²		108.14 m ²	SIM	2
v33			73.98 m ²		108.14 m ²	SIM	2
v34			90.40 m ²	—	—	SIM	2

v35			90.40 m ²	—	—	SIM	2
v36			90.4 m ²	—	—	SIM	1
v37			90.40 m ²	—	—	SIM	1
v38			99.50 m ²		108.14 m ²	SIM	2
v39			99.50 m ²		108.14 m ²	SIM	2
v40			99.50 m ²		108.14 m ²	SIM	1
v41			99.50 m ²		108.14 m ²	SIM	1
v42			99.50 m ²		108.14 m ²	SIM	1
v43			99.50 m ²		108.14 m ²	SIM	1
v50a			98.26 m ²		106.9 m ²	NÃO	3
v50d			197.2 m ²		205.16 m ²	SIM	1
v60			96.12 m ²		104.76 m ²	NÃO	1
v61			96.12 m ²		104.76 m ²	NÃO	1
v62			108.88 m ²		117.52 m ²	NÃO	1
v63			70.60 m ²		79.24 m ²	NÃO	1
v64			121.64 m ²		130.28 m ²	NÃO	1
v65			96.12 m ²		104.76 m ²	NÃO	1
v66			192.24 m ²		200.88 m ²	SIM	1
v67			96.12 m ²		104.76 m ²	SIM	2
v68			96.12 m ²		104.76 m ²	SIM	2
v69			102.60 m ²		111.24 m ²	SIM	1
v70			102.60 m ²		111.24 m ²	NÃO	1
v71			90.40 m ²	—	—	SIM	1
v72			152.19 m ²	—	—	SIM	1

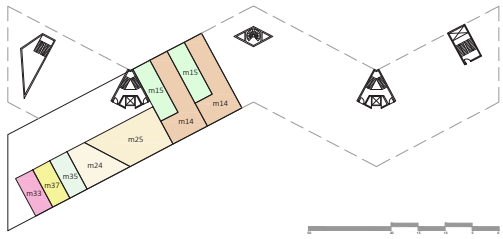
Módulos habitacionais do Bloco V. Desenho desenvolvido pelo autor

V Building _ 114 Housing Units

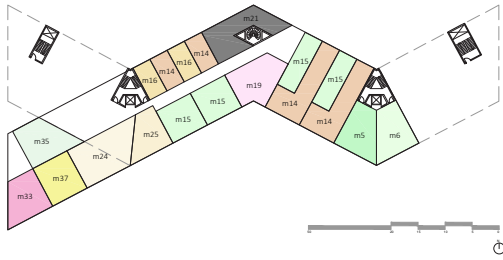
TIPOLOGIA	3D	PLANTA (sem varanda)					
v1				v2			
v1				v3			
v1				v4			
v2				v3			
v2				v4			
v3				v4			
v10				v12			
v11				v17			
v13ac				v13b			
v13ac				v13c			
v13b				v13c			
v14				v16a			
v14				v18			
v15a				v15b			
v15a				v15c			
v15a				v19			
v15b				v15c			
v16a				v16b			
v16a				v18			
v20							
v30				v31			
v30				v32			
v30				v33			
v31				v32			
v31				v33			
v32				v33			
v34				v37			
v34				v72			
v35				v36			

v35				v71			
v36				v71			
v37				v72			
v38				v39			
v38				v40			
v38				v41			
v39				v40			
v39				v41			
v40				v41			
v42				v43			
v50a				v50d			
v60				v61			
v60				v65			
v60				v66			
v61				v65			
v61				v66			
v65				v66			
v62							
v63							
v64							
v67				v68			
v67				v69			
v67				v70			
v68				v69			
v68				v70			
v69				v70			

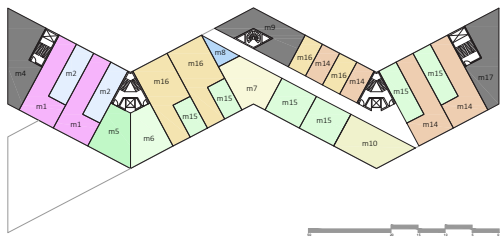
Relações de similaridade de formas no Bloco V.
Desenho desenvolvido pelo autor



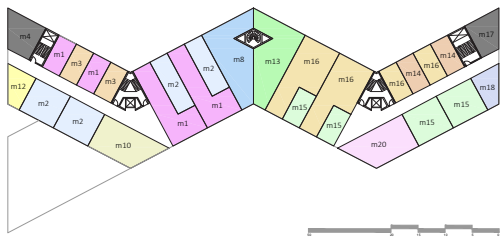
Piso_0



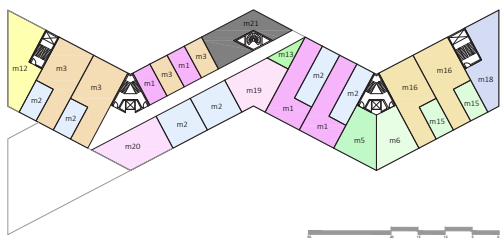
Piso_01



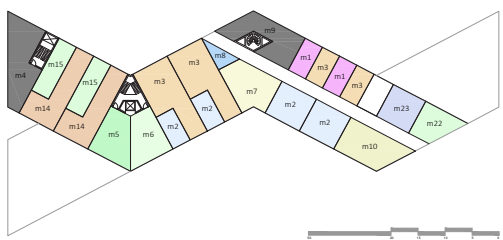
Piso_02



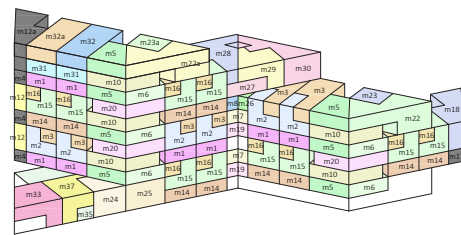
Piso_03



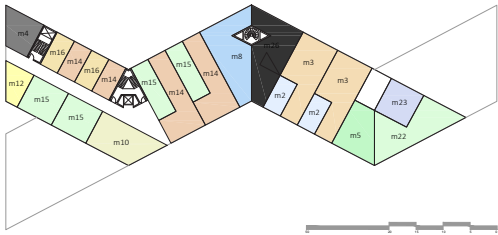
Piso_04



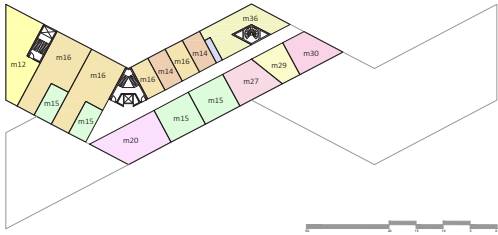
Piso_05



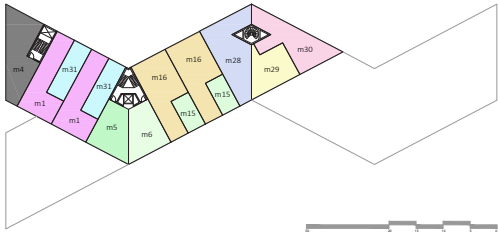
Plantas com a distribuição dos apartamentos por andar do Bloco M. Desenho desenvolvido pelo autor



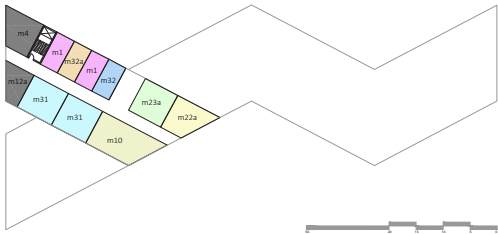
Piso_06



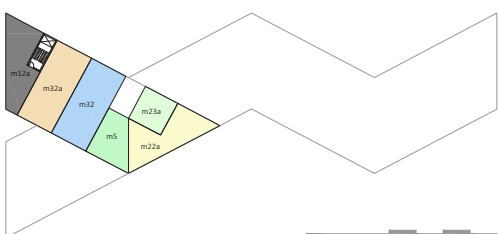
Piso_07



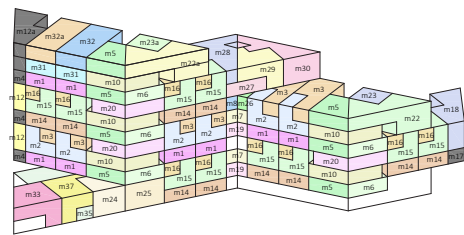
Piso_08



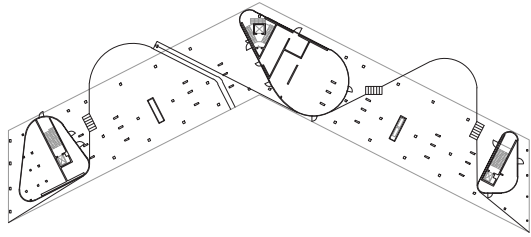
Piso_09



Piso_10

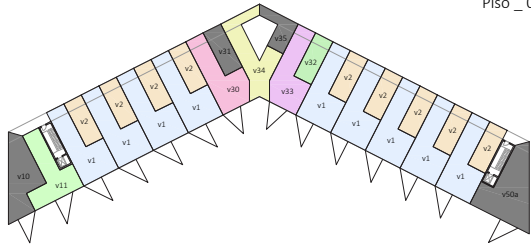


Plantas com a distribuição dos apartamentos por andar do Bloco M. Desenho desenvolvido pelo autor

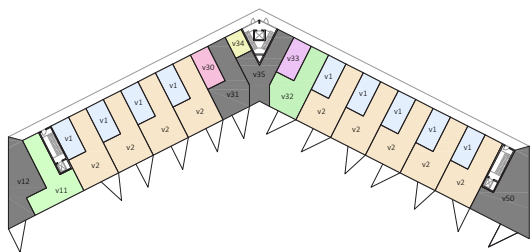


Piso_0

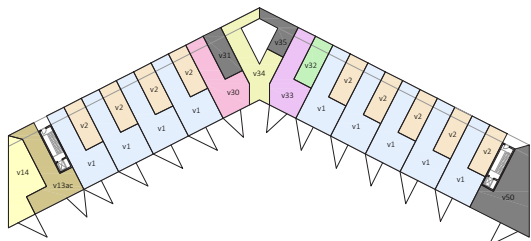
Piso_0



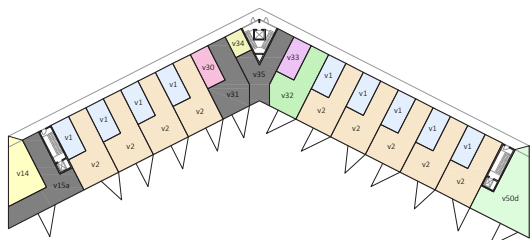
Piso_1



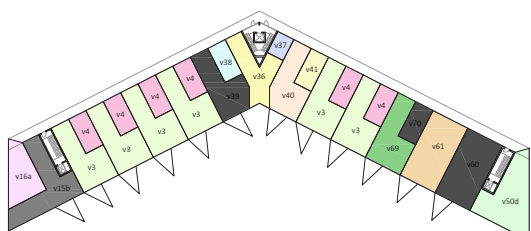
Piso_2



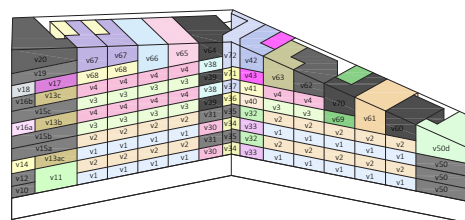
Piso_3



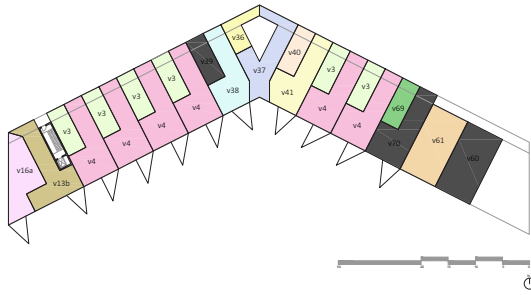
Piso_4



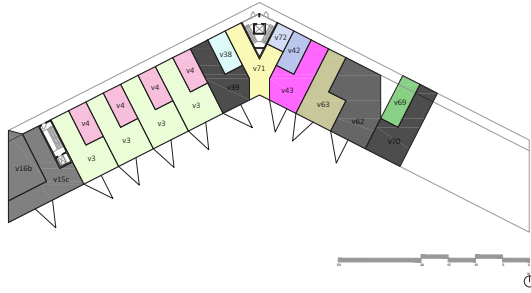
Piso_5



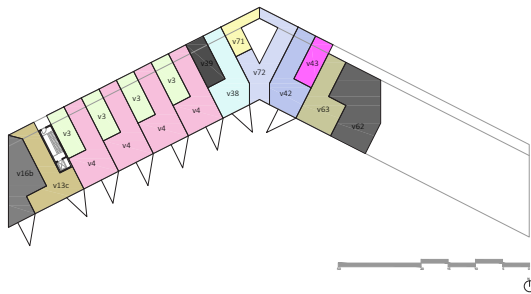
Plantas com a distribuição dos apartamentos por andar do Bloco V. Desenho desenvolvido pelo autor



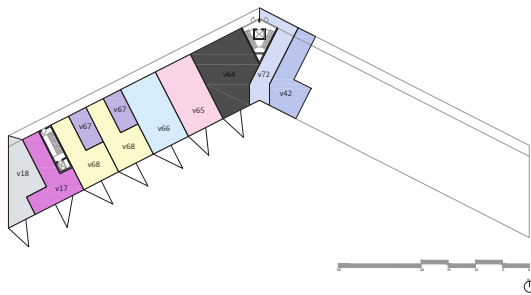
Piso_6



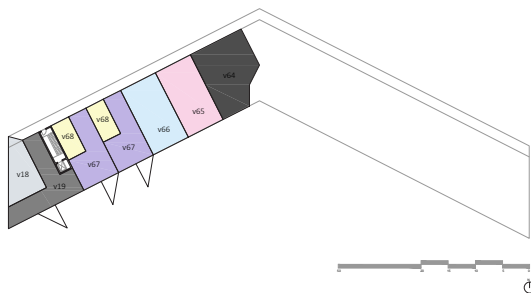
Piso_7



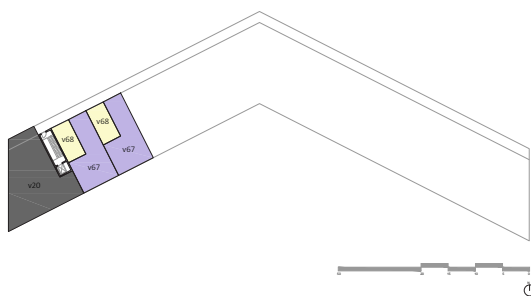
Piso_8



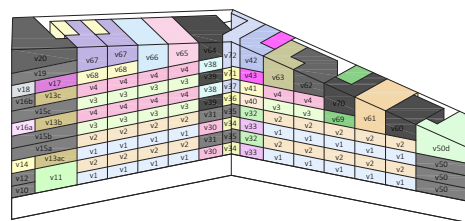
Piso_9



Piso_10



Piso_11



Plantas com a distribuição dos apartamentos por andar do Bloco V. Desenho desenvolvido pelo autor

