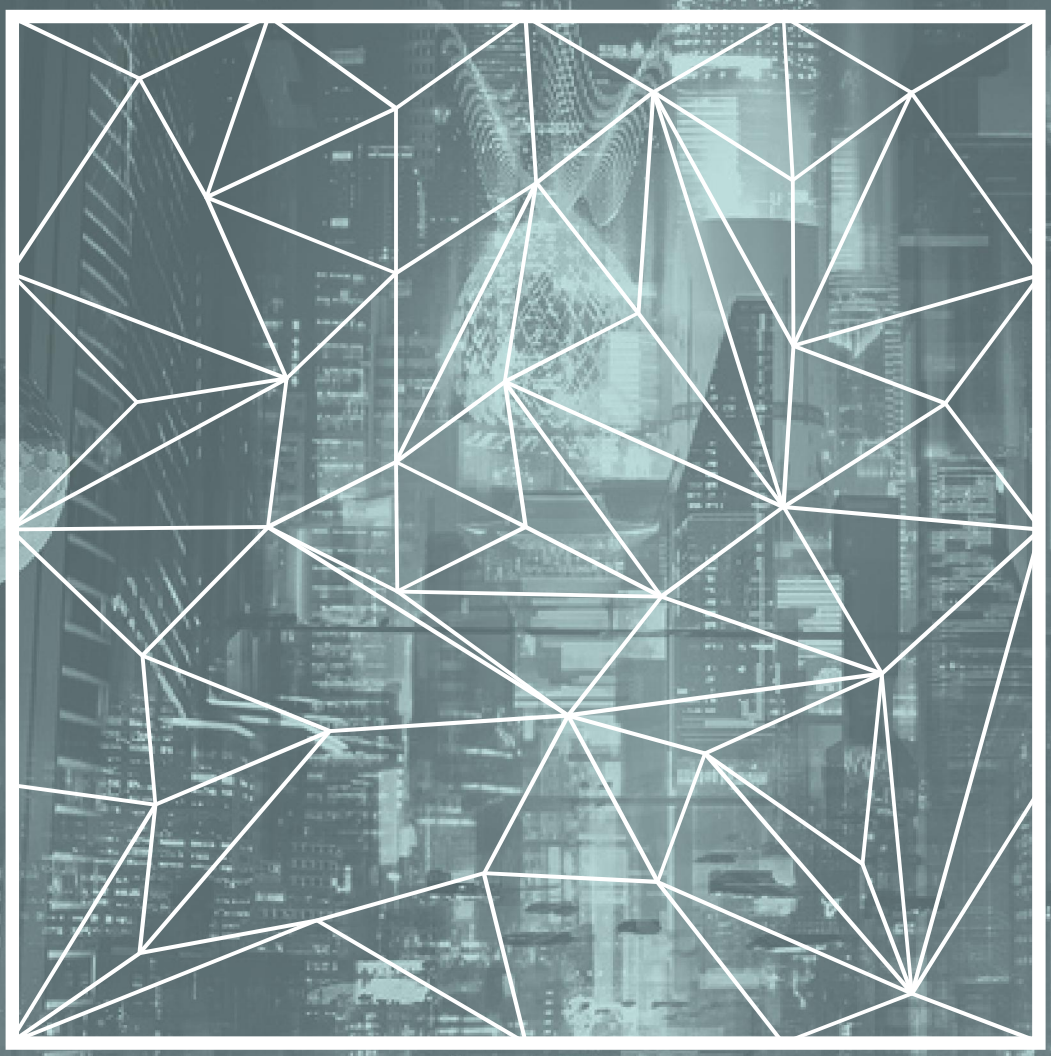
Generated by Foxit PDF Creator @ Foxit Software
http://www.foxitsoftware.com For evaluation only.



AUTOMAÇÃO E ADAPTATIVIDADE
ARQUITETURA DA ERA DIGITAL

HUGO MOREIRA NEVES
ARQUITETURA E URBANISMO | FAUeD
UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA | UFU

Generated by Foxit PDF Creator @ Foxit Software
http://www.foxitsoftware.com For evaluation only.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA

FACULDADE DE ARQUITETURA E URBANISMO E DESIGN

HUGO MOREIRA NEVES

AUTOMAÇÃO E ADAPTAÇÃO: ARQUITETURA DA ERA DIGITAL

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à banca examinadora da Faculdde de Arquitetura e Urbanismo e Design da Universidade Federal de Uberlândia, como requisito parcial à obtenção do título de bacharel em Arquitetura.

Professor orientador: André Luís de Araujo

UBERLÂNDIA - MG

2018

Generated by Foxit PDF Creator @ Foxit Software
http://www.foxitsoftware.com For evaluation only.

À minha mãe Élida, que me motiva sempre a perseguir meus sonhos. Por ser meu apoio nos momentos que precisei e por me incentivar a exercer meus dons.

Generated by Foxit PDF Creator @ Foxit Software
http://www.foxitsoftware.com For evaluation only.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a Deus
por me guardar e guiar sempre.

Agradeço à minha família pelo suporte,
incentivo e compreensão em cada etapa
da minha trajetória.

Agradeço aos meus amigos
Bruna, Gabriel, Laís, Marianna e Naya-
ra pelo companheirismo e auxílio mútuo
no decorrer o curso.

Agradeço, também, ao meu orientador,
André Luís de Araujo, por acreditar em meu
potencial e me incentivar na busca por
mais conhecimento.

Generated by Foxit PDF Creator @ Foxit Software
http://www.foxitsoftware.com For evaluation only.

RESUMO

Apesar de a população do século XXI estar, predominantemente, inserida no uso dos meios digitais, percebe-se que a produção arquitetônica atual ainda não corresponde contundentemente às demandas desse contexto. A partir desse panorama, o presente trabalho busca investigar de que maneiras a arquitetura, aliada às possibilidades tecnológicas, respondeu historicamente às transformações sociais e pode atender atualmente aos anseios da sociedade contemporânea por individualização e dinamicidade, características da tendência produtiva da personalização em massa.

Como é observado, tanto em obras ficcionais, quanto em edifícios construídos atuais, o uso das tecnologias de automação como parte integrante da arquitetura pode ser uma ferramenta para conferir à ela adaptabilidade em relação às variáveis ambientais e humanas. Desse modo, entende-se que uma possível resposta da arquitetura à sociedade digital se dá pela utilização dos conceitos da *performance* e cinética de forma a integrar a arquitetura aos sistemas tecnológicos. Para tanto, este trabalho também propõe a aplicação desses conceitos por meio de um projeto habitacional vertical para cidade de Uberlândia com unidades residenciais inteligentes e adaptativas que buscam corresponder dinamicamente às necessidades dos usuários e às variações climáticas.

PALAVRAS-CHAVE: Automação; Arquitetura Adaptativa; Personalização em Massa; Habitação Inteligente

Generated by Foxit PDF Creator @ Foxit Software
http://www.foxitsoftware.com For evaluation only.

ABSTRACT

Although the population of the 21st century is predominantly inserted in the use of digital media, it can be seen that the current architectural production still does not correspond strongly to the demands of this context. From this perspective, the present work seeks to investigate how architecture, allied to technological possibilities, has historically responded to social transformations and can now meet the contemporary society's yearnings for individualization and dynamicity, characteristics of the productive tendency of mass customization.

As seen, both in fictional works and in current constructed buildings, the use of automation technologies as an integral part of architecture can be a tool to give it adaptability in relation to environmental and human variables. Thus, it is understood that a possible response of the architecture to the digital society is through the use of the concepts of performance and kinetics in order to integrate the architecture with the technological systems. Therefore, this work also proposes the application of these concepts through a vertical housing project for the city of Uberlândia with intelligent and adaptive residential units that seek to dynamically respond to user needs and climatic variations.

KEY-WORDS: Automation; Adaptive Architecture; Mass Customization; Smart Housing

Generated by Foxit PDF Creator @ Foxit Software
http://www.foxitsoftware.com For evaluation only.

SUMÁRIO

1 - INTRODUÇÃO *9*

2 - A ARQUITETURA COMO RESPOSTA À EVOLUÇÃO DA SOCIEDADE *10*

2.1 - A TECNOLOGIA E OS SISTEMAS PRODUTIVOS *10*

CONSIDERAÇÕES SOBRE OS MÉTODOS ARTESANAIS DE PRODUÇÃO *10*

O SER HUMANO E A MÁQUINA *11*

2.2 - A ARQUITETURA PENSADA COMO SISTEMA *13*

O CUBISMO *13*

A BAUHAUS *15*

LE CORBUSIER E A "MÁQUINA DE MORAR" *16*

A CARTA DE ATENAS *18*

2.3 - A ARQUITETURA PENSANDO O FUTURO *19*

O ARCHIGRAM *19*

O METABOLISMO JAPONÊS *22*

2.4 - A ARQUITETURA DA ERA DIGITAL *24*

A ARQUITETURA ALGORÍTMICA *24*

PERSONALIZAÇÃO EM MASSA *27*

3 - MÉTODO *30*

Generated by Foxit PDF Creator @ Foxit Software
http://www.foxitsoftware.com For evaluation only.

4 - NOVAS POSSIBILIDADES PARA UMA ARQUITETURA ADAPTATIVA *36*

4.1 - ARQUITETURA PERFORMATIVA (*PERFORMATIVE ARCHITECTURE*) *36*

TORRES AL BAHAR (AEDAS *ARCHITECTS*) *36*

4.2 - ARQUITETURA CINÉTICA (*KINETIC ARCHITECTURE*) *41*

ROTORHAUS (LUIGI COLANI) *41*

CASA SHARIFI-HA (ALIREZA TAGHABONI) *43*

4.3 - PERSPECTIVAS FICCIONAIS *46*

EX MACHINA (ALEX GARLAND) *47*

BLACK MIRROR (CHARLIE BROOKER) *49*

4.4 - ANÁLISES AMBIENTAIS *50*

4.5 - A AUTOMAÇÃO COMO RESPOSTA À SOCIEDADE DIGITAL *53*

CHIP: CONJUNTO HABITACIONAL INTELIGENTE PERSONALIZÁVEL *54*

5 - CONSIDERAÇÕES FINAIS *59*

REFERÊNCIAS *60*

Generated by Foxit PDF Creator @ Foxit Software
http://www.foxitsoftware.com For evaluation only.

É constatado que, de maneira geral, as tecnologias digitais, mesmo que amplamente difundidas entre a população, não são utilizadas como instrumento primordial de projeto na produção arquitetônica atual, estando esta ainda fortemente vinculada a alguns princípios da arquitetura moderna, que por sua vez não são capazes de solucionar os problemas e dinâmicas atuais. Desse modo, entende-se que a arquitetura contemporânea aliada às recentes tecnologias tem a função de responder às necessidades específicas da sociedade da era digital.

A partir dessa investigação, o objetivo deste trabalho será compor uma interpretação conceitual e uma proposta para um edifício habitacional que aplique as ideias presentes nas temáticas da personalização em massa e do uso das tecnologias computacionais, tão pertinentes para se pensar as habitações do futuro. Entende-se que esta resposta se dá de maneira mais eficiente por meio, principalmente, da utilização dos conceitos de responsividade e adaptatividade presentes na arquitetura performativa e na arquitetura cinética que atualmente, auxiliados pelas tecnologias de automação, podem ser capazes de gerar edifícios simultaneamente flexíveis para situações específicas e possíveis de serem produzidos de maneira rápida e em larga escala.

Os objetivos específicos do trabalho são: mostrar como se deu a passagem da utilização dos métodos produtivos artesanais para o sistema industrial, descrevendo a relação que se configurou entre o homem e a máquina; descrever as características do movimento moderno na arquitetura e no urbanismo e como este atendeu aos anseios da sociedade industrial; apresentar de que modo a revolução digital, por meio da inserção do uso do computador, alterou diversos paradigmas sociais e econômicos, afetando também a prática da arquitetura; mostrar de que maneiras a arquitetura contemporânea pode responder, por meio do uso da tecnologia, às necessidades da sociedade digital.

A presente investigação se justifica devido ao fato de a automação residencial ser amplamente utilizada, nos dias atuais, apenas como uma estrutura acessória aos edifícios, faltando integração entre os diferentes sistemas que podem compor a arquitetura. Desse modo, deseja-se que a automação seja pensada desde a fase de concepção do projeto arquitetônico para que seja buscada a otimização de suas funções, como é visto, principalmente, em obras ficcionais do cinema, televisão e literatura que inspiraram a escolha do tema deste trabalho (ROCKENBACH, 2004).

Generated by Foxit PDF Creator @ Foxit Software
http://www.foxitsoftware.com For evaluation only.

2.1. A tecnologia e os sistemas produtivos

Para que se compreenda as possibilidades do uso das tecnologias de automação na arquitetura residencial, que será tratada nesse trabalho, é fundamental apresentar como se deu o desenvolvimento dos sistemas de produção utilizados pela sociedade no decorrer da história, inclusive em contextos diferentes da arquitetura e que a influenciaram contundentemente. Desse modo, quaisquer possibilidades de utilização de dispositivos capazes de transformar o pensamento sobre o ambiente construído devem, necessariamente, atentar para as relações homem-tecnologia e a natureza dos produtos advindos dessa relação capazes de alterar antigos modos de utilização do espaço, outrora estabelecidos nos modos de produção artesanal.

Considerações sobre os métodos artesanais de produção

Apesar de o artesanato, como técnica, ter sido utilizado desde o período neolítico (6000 a.C.), este só se estabeleceu como modo de produção durante a idade média, já que antes ele era utilizado prioritariamente para atender as necessidades próprias do homem por utensílios e objetos que o auxiliassem em suas tarefas, não deixando, porém, de significar uma das primeiras e importantes formas de expressão através da criatividade. O desenvolvimento do sistema artesanal representou, a partir dos séculos XII e XIII, uma ruptura com a realidade agrícola, economicamente predominante, e uma oportunidade dos cidadãos europeus de praticar seus ofícios (podendo ser entendido também como sua criatividade que, neste caso, estava em posse do artesão) como forma de profissão e obtenção de renda. Este movimento iniciou, mesmo que lentamente, a transferência do foco financeiro do campo para as cidades, já que um novo mercado consumidor surgia e o sistema artesanal era capaz de abastecer essas demandas. Em um primeiro estágio, a escala desse modo de produção era reduzida, se caracterizando por estabelecimentos ainda familiares e, na maioria das vezes, utilizando a própria residência do artesão como local de trabalho (oficina). Nesse tipo de ambiente, o profissional detém os meios de produção (local e ferramentas) e participa ativamente de todas as etapas da produção, desde a concepção até a execução final. O artesão, assim, compreende, domina e acompanha todas as competências do trabalho realizado, não havendo qualquer tipo de especialização dos conhecimentos ou técnicas envolvidas (CHIAVENATO, 2013).

Generated by Foxit PDF Creator @ Foxit Software
http://www.foxitsoftware.com - For evaluation only.

Dessa forma, é possível perceber no sistema artesanal, devido ao contato estabelecido entre o cliente e o profissional e a relação de proximidade do artesão com seu produto, ausência de padrões produtivos, na qual cada unidade produzida: um móvel, uma peça de vestuário, ou um acessório é única e diferenciada das demais, pela sua produção individualizada e, muitas vezes, destinada a um usuário específico, cujas necessidades serão atendidas de maneira personalizada.

O ser humano e a máquina

Com o passar dos séculos, a lógica de produção artesanal foi gradativamente sendo substituída pela manufatura e, posteriormente, pela maquinofatura. Esta mudança, estabelecida de vez com a revolução industrial no século XIX, acompanhou, assim como antes, a tendência financeira mundial, implicando necessariamente em um aumento na quantidade da produção por meio de sistemas produtivos repetitivos e especializados, nos quais o fabricante desempenha inúmeras vezes a mesma tarefa. Desse modo, o sistema industrial se afastou, cada vez mais, das características personalizadas do sistema artesanal. O processo de fabricação passou a ser realizado de maneira fragmentada, a figura do artesão, substituída na indústria pelo estereótipo do operário padrão, conhece e executa apenas partes de um todo e, em vista disso, a lógica social de consumo se altera, principalmente em relação aos aspectos da personalização: os produtos não são pensados individualmente, mas sim produzidos em séries lineares, como resultados da soma de partes produzidas de modo compartimentado. No entanto, a mudança mais significativa que se configurou durante esse período foi talvez, a relação do trabalhador com o produto, já que, neste caso, foi acrescentado um agente intermediário entre os dois: a máquina.

Antes de se tratar sobre como essa relação passou a se desenvolver e os paradigmas que ela estabeleceu, é necessário mencionar brevemente o modus operandi envolvido nestas operações maquinais, bem como suas diferentes categorias. Apesar de possuírem os mesmos princípios básicos de funcionamento, que é realizar operações matemáticas, das mais básicas como adições às mais complexas como o cálculo diferencial e integral, as máquinas executam ações concretas designadas por um operador e podem ser divididas em analógicas e digitais. No sistema analógico, as informações inseridas do meio externo através de um dispositivo de entrada (input) são interpretadas de forma direta como sinais contínuos, podendo assumir infinitos valores, geralmente indefinidos. Já no processo digital, os dados obtidos são traduzidos de forma descontínua (presença ou ausência de impulsos elétricos), ou seja, convertidos para um sinal decimal ou binário, por exemplo, que possuem uma quantidade limitada de valores possíveis, sendo estes bem definidos. Na prática, tais características permitem que os dispositivos digitais possuam bem menos componentes internos (peças responsáveis pelo processamento das informações) e que seus cálculos sejam simplificados por se tratarem de repetições de operações básicas. Já no funcionamento analógico, a quantidade de componentes é muito superior por serem realizadas operações muito mais complexas, visto que lidam com infinitos valores possíveis, quase sempre imprecisos. Além disso, as duas principais vantagens alcançadas com o sistema digital, fundamentais para o desenvolvimento dos primeiros computadores na década de 1940, foram: a precisão que, diferente do anterior, atinge qualquer grau desejado, e a presença da memória, ou seja, um conjunto de componentes onde as informações podem ser guardadas e posterior-

Generated by Foxit PDF Creator @ Foxit Software
http://www.foxitsoftware.com For evaluation only.

mente utilizadas quando designado. Tais informações, na realização de uma operação, são acessadas pela máquina seguindo-se uma ordem hierárquica que, necessariamente, termina na interface com o "mundo real", ou seja, os dispositivos de entrada (input) e saída (output) onde é possível ocorrer a interação com o homem (VON NEUMANN, 2005).

Ambos os modos de tradução da informação nas máquinas foram desenvolvidos para realizar vários tipos de tarefas em diversas áreas profissionais, as quais permanecem até os dias atuais, de modo que um não substituiu o outro, já que as duas coexistem nos equipamentos modernos. Na medicina, por exemplo, é possível comparar o sistema operacional do cérebro com o de uma máquina e, em uma análise preliminar, classificá-lo como um dispositivo de funcionamento digital. Essa designação se torna justificável ao se entender o neurônio como um componente básico desse sistema, já que, no mesmo, são produzidos impulsos elétricos que são passados entre as células configurando sinais binários. Assim como nos computadores, os neurônios respondem de acordo com os impulsos recebidos de outros neurônios em combinações específicas. Porém, além de responder a impulsos, as células produzem respostas a estímulos internos ao corpo, como transformações físicas e químicas, e externos como a sensibilidade ao som, à luz, à temperatura, dentre outras. Por conta disso, apesar do funcionamento digital, o cérebro pode ser considerado um sistema que realiza operações digitais e analógicas, podendo alternar entre esses dois tipos de comportamento.

Acerca das complexidades e do caráter ambíguo do funcionamento do cérebro humano, o matemático John Von Neumann (2005, p. 113) conclui:

> "[...] o sistema nervoso parece utilizar um sistema de notação radicalmente diferente daqueles que nos são familiares na aritmética e na matemática vulgares: em lugar do sistema preciso de marcadores, em que a posição de cada marcador conta decisivamente para a determinação do sentido da mensagem, temos aqui um sistema de notações no qual o sentido é comunicado pelas propriedades estatísticas da mensagem [...]" (VON NEUMANN, 2005, p. 113).

A relação entre o ser humano e sua produção criativa, alterada pela inserção das máquinas e, posteriormente, dos computadores digitais foi, historicamente, o foco de embates ideológicos em diversas áreas do conhecimento. Um exemplo disso é a discussão proposta no movimento do *Arts & Crafts*[1] iniciado na Inglaterra na segunda metade do século XIX, como uma tentativa de se retomar a prática do artesanato no *Design*[2], contrapondo-se à ideia da produção industrial massificada e valorizando o potencial criativo do artista e do artesão. O contraponto desse movimento veio a ser defendido em 1907 com o surgimento da associação "Deutscher Werkbund" na Alemanha. Este grupo, composto por artistas e empresários, tinha como objetivo conciliar as artes e a produção industrial, promovendo uma qualidade estética e funcional para produtos manufaturados e industrializados, por meio da aplicação refinada de técnicas e materiais no Design e na Arquitetura, o que exerceu grande influência nas discussões posteriores do movimento modernista (BOELENS, 2008).

[1] Do Inglês: artes e ofícios
[2] Do Inglês: desenho, projeto

Generated by Foxit PDF Creator @ Foxit Software
http://www.foxitsoftware.com For evaluation only.

2.2. A arquitetura pensada como sistema

Mesmo antes do desenvolvimento do primeiro computador digital, em diversas áreas do conhecimento o ser humano se propôs a idealizar as relações interpessoais e sua vivência de maneira semelhante à lógica maquinal. A partir do século XX, a arte, em suas diversas vertentes, teve um papel significativo neste sentido, iniciando, por exemplo, a aplicação de ideais de flexibilidade na arquitetura pelo movimento vanguardista do neoplasticismo, como é possível observar na "Casa Schroder" (1924), do arquiteto holandês, Gerrit Rietveld, na qual o espaço interno pode ser facilmente compartimentado ou integrado por meio de placas deslizantes. Contudo, em um primeiro momento, o movimento artístico que levantou a discussão da arquitetura concebida de forma sistêmica, foi o cubismo, iniciado na Europa.

O cubismo

Em sua essência, a arte cubista buscava romper com a forma naturalista de representação, na qual um ponto de vista específico era privilegiado e, dessa forma, expressado com uso da perspectiva realista, que reproduz a visão estereoscópica do olho humano. Essa nova proposta passou a considerar e representar não apenas uma, mas várias visões sobrepostas de um mesmo elemento, conferindo a ele um olhar mais relativo e abstrato, além de dissociar as imagens íntegras e absolutas em elementos básicos como formas geométricas, linhas, e cores simples, como se observa na pintura "Garota com Bandolim" de Pablo Picasso (figura 1) (BENEVOLO, 2001).

Desse modo, tendo adquirido um caráter abstrato, a arte passou a não simplesmente representar, mas sim constituir uma visão analítica das formas e uma ferramenta de criação das mesmas, o que, no caso da arquitetura, contribuiu para que fossem pensadas novos tipos de espaços que, utilizando-se das formas geométricas puras evidenciadas e popularizadas pelo cubismo, respondessem à necessidade de ordem e mecanização da época das máquinas, já que apresentavam maior precisão e rapidez construtiva. Importantes arquitetos como Theo Van Doesburg, em suas obras, traduziram os preceitos desse movimento artístico e contribuiram para o estabelecimento das ideias do início do movimento moderno (que também será tratado posteriormente). Na obra do holandês Van Doesburg, é possível identificar claras influências da arte cubista, como por exemplo na "Maison Particulière" (figura 2), projetada em 1924 juntamente com Cornelis Van Eesteren. No processo de concepção do edifício pode-se identificar a utilização de um método baseado no uso dos elementos simples e da sobreposição de formas característico do cubismo, como é descrito:

> "No trabalho de Van Doesburg, a repetição de planos na imagem pode assumir a forma de um sistema de eixos de simetria [...] na arquitetura, é feita por meio de empilhamentos, repetições e reflexões, em torno de um eixo ou de um ponto médio ortogonal, como no modelo que Van Doesburg chamou de Tesseract" (figura 3) (ENGEL e HEER, 2008, p. 50)[3].

[3] Do original: "In Van Doesburg's work, repetition of the motif in the Picture plane can take the form of a system of symmetry axes [...] in architecture, stacking, repetition and reflection, either around na axis or from na orthogonal midpoint, as in the model Van Doesburg called the Tesseract" (tradução do autor)

Generated by Foxit PDF Creator @ Foxit Software
http://www.foxitsoftware.com For evaluation only.



Figura 1 - Garota com Bandolim – Petróleo por Pablo Picasso (1910). Fonte: https://coopem-museupicasso.wordpress.com/



Figura 2 – Representação isométrica da "Maison Particulière" (1924). Fonte: https://thaa2.wordpress.com/

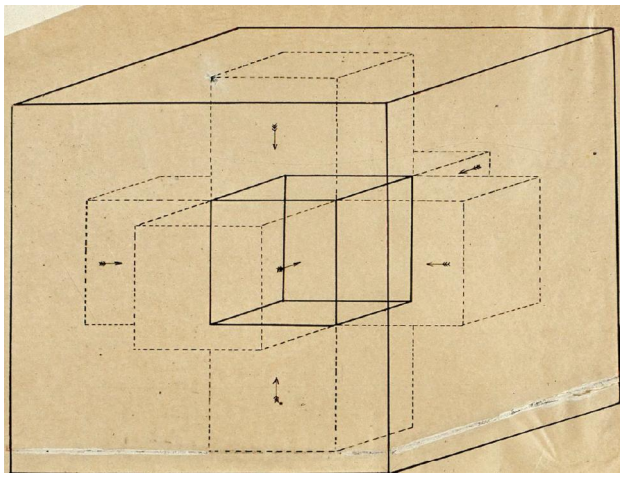


Figura 3 – Tesseract (1922). Fonte: https://commons.wikimedia.org/



Figura 4 – Edifício da Escola Bauhaus. Fonte: https://en.wikiarquitectura.com/

Esta casa foi concebida visando atender os princípios balizadores de uma sociedade industrial, já que era econômica, funcional, dinâmica e desprovida de monumentalidade, o que caracterizava uma arquitetura possível de ser construída em massa. A aplicação destes atributos se tornou bastante difundida nessa época, sendo aplicadas e aprofundadas no início do movimento moderno, principalmente pela Bauhaus, onde o próprio Van Doesburg fez parte do corpo docente, que revolucionou o ensino da Arquitetura e do Design, e nas obras icônicas do arquiteto suíço Le Corbusier que iniciava, a partir desse momento, a grande discussão de como a habitação deveria ser pensada e produzida tornando o objeto de estudo principal durante o período do modernismo.

Generated by Foxit PDF Creator @ Foxit Software
http://www.foxitsoftware.com For evaluation only.

A Bauhaus

A escola Bauhaus, fundada na Alemanha em 1919 pelo arquiteto Walter Gropius, ex-membro da Deutscher Werkbund, foi criada com o objetivo de reunir os ensinos de Artes, Design e Arquitetura, a fim de que se formasse uma nova geração de profissionais que renovasse a produção artística, rompendo-se com os padrões do passado. Além disso, um dos principais ideais da escola em seu surgimento era a conciliação entre a arte e a produção industrial como forma de solucionar as contradições que estes representavam, como Luuk Boelens (2008, p. 64-65) descreve:

> "[...] a ideologia da Bauhaus baseou-se em um código de design duplo, em dois níveis complementares: o nível do Gesamtkunstwerk (a união de todas as artes na visão de um estilo arquitetônico abrangente do futuro) e o nível da machine art (a conexão entre os processos de produção artística e industrial). [...] A contradição problemática entre arte e indústria, entre design e tecnologia, foi então resolvida através da mediação entre o potencial artístico do artesanato e o potencial de processamento dos meios mecânicos de produção em uma fase particular do processo de design. Este estágio foi o desenvolvimento tradicional e artesanal do protótipo, o padrão, que - como resultado artístico de experimentos de laboratório e base para a produção em massa - tornou a fusão arte-indústria lógica" (BOELENS, 2008, p. 64-65)[4].

A proposta de renovação arquitetônica defendida pela Bauhaus teve um de seus principais exemplos de aplicação prática na construção da sede da escola após sua transferência da cidade de Weimar para Dessau em 1925. O complexo de edifícios (figura 4) projetado pelo próprio Walter Gropius, apresentou características inovadoras que vieram a se tornar recorrentes dentre os arquitetos modernistas, como a utilização das novas tecnologias construtivas, a aplicação de materiais variados como a madeira, o vidro e o metal, a construção racional e econômica e, principalmente, a solução formal como resultado de um estudo da problemática e das necessidades do edifício (a forma seguindo a função). Este último ponto, amplamente difundido no movimento moderno, acabou sendo tema de discussões e críticas desde o século XIX até a atualidade. Em sua obra, Le Corbusier adotou frequentemente este método projetual, apresentando, dessa forma, uma visão racional e sistêmica da arquitetura, que passava então a ser pensada cada vez mais como uma máquina.

---

[4] Do original: "[...] the Bauhaus ideology was based on a dual design code, at two complementary levels: the level of the Gesamtkunstwerk (that of the unity of all arts in the vision of na all-encompassing architectural style of the future) and the level of machine art (the connection between the artistic and indústria production processes). [...] The problematic contradiction between art and industry, between design and technology, was then resolved by mediating between the artistic potential of art and the processing potential of mechanical means of production at a particular stage in the design process. This stage was the traditional, artisanal development of the prototype, the standard, which – as both the artistic result of laboratory experiments and the foundation for mass production – made the art-industry fusion a logical one" (tradução do autor)

Generated by Foxit PDF Creator @ Foxit Software
http://www.foxitsoftware.com For evaluation only.

Já nos primeiros trabalhos de Charles Edouard Jeanneret, mais conhecido como Le Corbusier, é possível identificar seu desejo primordial de que houvesse uma renovação estética, onde o ecletismo vigente até o início do século XIX fosse superado e cedesse lugar a uma nova linguagem purista ao qual ele chamou de "*esprit nouveau*"[5] Esses ideais acompanharam a vida do arquiteto desde o início de sua vida profissional graças ao contato que este teve com as construções em concreto armado em 1908, em Paris, trabalhando com Auguste Perret. Este fator foi fundamental para despertar em Le Corbusier a vontade de revolucionar a arquitetura já que, para ele, ela deveria acompanhar os avanços tecnológicos da humanidade e, nesse caso, o uso do concreto armado permitiria novas soluções formais e espaciais que antes não podiam ser exploradas (LE CORBUSIER, 2014).

A partir desse momento, Le Corbusier passou a explorar intensamente em suas obras o uso das novas técnicas construtivas e as possibilidades que elas trouxeram, principalmente no campo das habitações. Um exemplo dentre as várias experiências residenciais do arquiteto nessa época foi a Maison Citrohan (1920) (figura 5) que consistiu em um conceito de habitação que utilizava estrutura de pilares, vigas e lajes em concreto, chamada por ele de "Dom-Ino", e possuía uma grande e única abertura em cada extremidade para entrada de luz e ventilação. Em outras palavras, era um modelo de casa semelhante a uma caixa projetada para que pudesse ser produzida em série e com elementos padronizados, o que era implícito no nome "Citrohan", uma fábrica de automóveis da época. Assim, almejava-se que os edifícios habitacionais, assim como os carros, fossem fabricados em massa e, em certa medida, padronizados, como foi proposto posteriormente, tanto por meio dos "cinco pontos de uma nova arquitetura", quanto nas "Unités d'Habitation", nos quais a arquitetura residencial era pensada como um sistema (FRAMPTON, 2008).

De modo geral, os "cinco pontos" foram desenvolvidos e gradativamente inseridos nos projetos de Le Corbusier até serem propriamente publicados em 1926 e efetivamente aplicados pela primeira vez na "Villa Stein", em Garches (figura 6), eram eles: a construção elevada sobre pilotis, a planta livre possibilitada pela ausência de paredes estruturais, a fachada livre possibilitada também pela estrutura independente, as janelas longas e corrediças em "fita", e os terraços-jardim no lugar da cobertura. Este conjunto de soluções arquitetônicas pré-estabelecidas, evidentemente, foi possibilitado pelo uso do esquema estrutural "Dom-Ino", e foi utilizado não só nas obras do arquiteto, mas em edifícios em todo o mundo durante o movimento moderno, podendo, assim, ser considerado um parâmetro padronizador da arquitetura nessa época.

É possível identificar na arquitetura de Le Corbusier, mesmo em obras realizadas após a segunda guerra mundial, o método sistêmico e mecanicista de se pensar a habitação e, no caso das "Unités d'Habitation" (1952) (figura 7), esses princípios foram elevados a uma nova categoria, já que se tratava de uma escala muito maior do que as experimentações anteriores. Este projeto consistiu de um grande bloco habitacional multifamiliar com capacidade para 1600 moradores, solicitado pelo governo francês para a cidade de Marselha, como tentativa de reduzir o déficit habitacional na época que atingia também outras cidades da Europa. Assim, o projeto previa a distribuição de 337 moradias em 18 níveis a partir de uma estrutura

[5] Do Francês: espírito novo

Generated by Foxit PDF Creator @ Foxit Software
http://www.foxitsoftware.com For evaluation only.

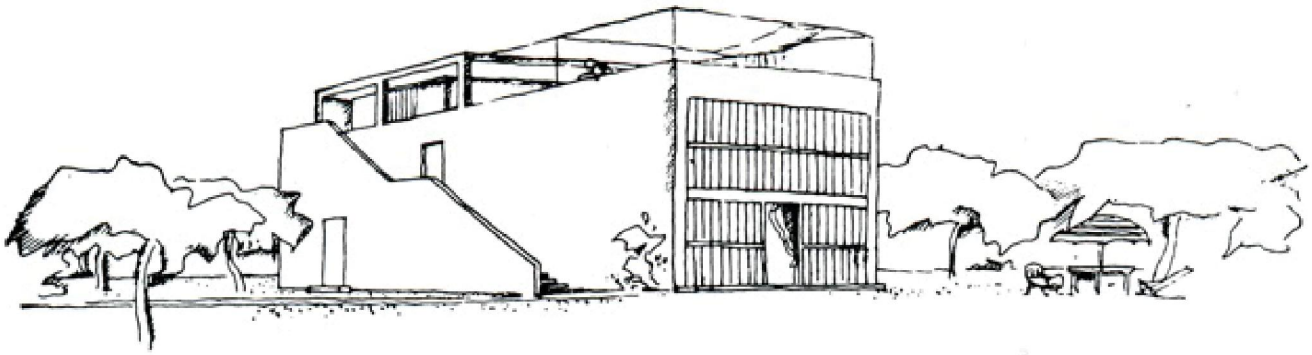


Figura 5 – Desenho da "Maison Citrohan" por Le Corbusier. Fonte: http://architectural-tech.blogspot.com.br/



Figura 6 – "Villa Stein" em Garches. Fonte: http://www.fondationlecorbusier.fr/



Figura 7 – "Unités d'Habitation" em Marselha. Fonte: https://commons.wikimedia.org/

pré-fabricada, com diferentes tipologias de apartamentos capazes de acomodar desde 1 pessoa até famílias com 8 moradores, todas com os ambientes e elementos internos dimensionados com base no "Modulor" (estudo de dimensões ideais da escala humana criado pelo próprio Le Corbusier – figura 8) para que se privilegiasse a funcionalidade e o conforto ambiental, reforçando assim a ideia da habitação como uma "máquina de morar", proposta por Le Corbusier e adotada por vários outros arquitetos do período.

Assim, o movimento moderno esteve, em sua essência, diretamente ligado ao contexto da revolução industrial, aos avanços tecnológicos às mudanças que estes promoveram na sociedade. Le Corbusier, portanto, como principal expoente dessa fase na arquitetura, se propôs, de forma inovadora, a pensar a habitação como um produto da cadeia produtiva e o reflexo desse tempo:

> " O problema da casa é um problema de época. O equilíbrio das sociedades hoje depende dele. A arquitetura tem como primeiro dever, em uma época de renovação, operar a revisão dos valores, a revisão dos elementos constitutivos da casa" (LE CORBUSIER, 2014, p. 159).

Generated by Foxit PDF Creator @ Foxit Software
http://www.foxitsoftware.com For evaluation only.

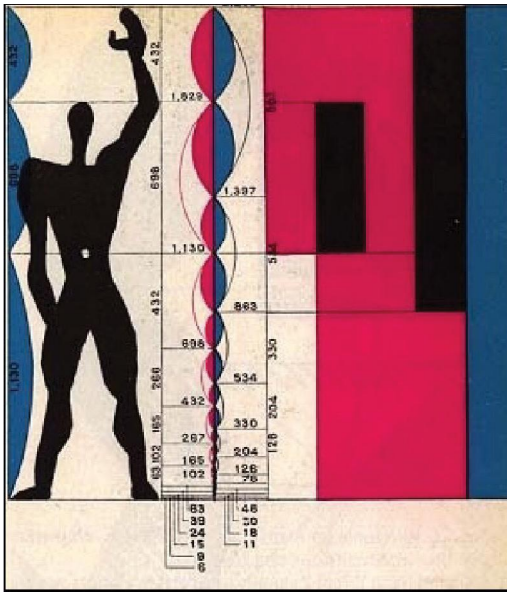


Figura 8 – Diagrama do "Modulor" por Le Corbusier. Fonte: https://theartstack.com/



Figura 9 – Superquadras em Brasília (década de 1960). Fonte: http://g1.globo.com/

A Carta de Atenas

Ainda que tenha sido iniciada de maneira espontânea, a busca pela organização racional dos espaços presente na arquitetura moderna, gradativamente, mostrou ser a resposta certa à sociedade tecnológica e industrial já estabelecida. Essa ideia de modelo funcional veio a ser reforçada pelo termo "estilo internacional" que compreendia as características da arquitetura praticada nesse período seguindo os princípios já citados anteriormente, popularizados principalmente pela Bauhaus e por Le Corbusier. Esses preceitos seguiram implícitos entre os arquitetos, sem qualquer tipo de rigidez até 1933, quando, ao final do IV CIAM (Congresso Internacional de Arquitetura Moderna), foi publicado o manifesto denominado Carta de Atenas.

O documento, redigido por Le Corbusier, de maneira geral, propunha diretrizes para serem aplicadas internacionalmente, a fim de que as cidades se tornassem funcionais. A carta estabelecia os usos principais da cidade moderna e de que maneira estes deveriam estar inseridos e articulados no espaço urbano para que atendessem do melhor modo a população. Eram eles: a habitação, o lazer, o trabalho e a circulação. Especificamente se tratando da habitação, foram estabelecidas desde diretrizes gerais como: a implantação de setores residenciais em sítios adequados quanto à topografia, a higiene, o clima e a insolação; até fórmulas mais específicas como: o uso das técnicas construtivas modernas, um mínimo de 2 horas de insolação em todas as moradias e a verticalização dos conjuntos habitacionais e a liberação do térreo dos mesmos por meio de pilotis para que se obtivessem áreas livres (LE CORBUSIER, 1993).

A Carta de Atenas estabeleceu, pela primeira vez, um conjunto de parâmetros gerais como tentativa de direcionar os rumos da arquitetura e do urbanismo de forma universal, o que acabou influenciando na sua prática em todo o mundo. Talvez o exemplo mais bem-sucedido de sua aplicação tenha sido a cidade de Brasília (figura 9), projetada por Lúcio Costa na década de 1960 para ser a nova capital do Brasil, o que

Generated by Foxit PDF Creator @ Foxit Software
http://www.foxitsoftware.com For evaluation only.

contribuiu para se reafirmar, ainda que temporariamente, a eficiência dos princípios modernistas de se pensar a arquitetura e a cidade como um verdadeiro sistema replicável.

2.3. A arquitetura pensando o futuro

Tendo entendido o papel da arquitetura moderna como uma resposta direta à sociedade industrial que se estabeleceu no início do século XX, é possível perceber que ela, assim como em períodos anteriores, esteve fortemente associada às tecnologias que surgiram durante este período. As novas possibilidades tecnológicas, como a estrutura independente em concreto armado e as esquadrias industrializadas de aço por exemplo, conferiram aos arquitetos a liberdade de pensar e propor novas soluções formais, espaciais e funcionais não contempladas anteriormente, ajudando a criar, dessa forma, novos paradigmas na arquitetura próprios da sociedade moderna.

Na década de 60, com o modernismo já em fase de declínio devido à saturação perceptível do "estilo internacional" e a padronização excessiva nas cidades, outras ideias que criticavam ou contrapunham este movimento começaram a surgir. Uma dessas novas propostas, motivada também pelas transformações sociais promovidas pelo avanço tecnológico, foi feita pelo grupo Archigram que, a partir desse momento, iniciou a discussão de como a arquitetura e o urbanismo poderiam ajudar a imaginar o futuro das sociedades que, cada vez mais, eram transformadas pela sua relação com as máquinas.

O Archigram

A origem do Archigram se deu no ano de 1961, em Londres, com a união dos jovens arquitetos Peter Cook, Ron Herron, Warren Chalk, Dennis Crompton, David Greene e Mike Webb que decidiram publicar uma revista como meio de divulgar os projetos do grupo e transmitir, de forma direta, suas ideias e críticas em relação ao cenário da produção da arquitetura e do urbanismo no período. O termo "Archigram", que deu nome ao periódico e posteriormente ao grupo, foi criado a partir da expressão *architectural telegram*[6], que simbolizava a utilização da mídia e dos meios de comunicação como ferramentas de propagação e ensino da arquitetura. Essa vertente era reforçada pela programação visual da revista que apresentava um forte apelo estético ao *pop art*[7], fazendo referência, por meio de colagens e ilustrações, a elementos de outras mídias como o rádio, o cinema, a TV e as histórias em quadrinhos (figura 10). Percebe-se, desse modo, que as inovações tecnológicas que surgiram a partir do final da década de 50, como os equipamentos de telecomunicações, os avanços na mobilidade, a aeronáutica e a engenharia espacial, desde o surgimento do grupo, ocuparam um papel de destaque na formulação de seus ideais (CABRAL, 2004).

---

[6] Do Inglês: telegrama arquitetural

[7] Do inglês: pop art ou arte pop foi um movimento artístico surgido na década de 1950 na Inglaterra que pretendia demonstrar com suas obras a massificação da cultura popular capitalista por meio da estética de massas (cores intensas, signos e ícones massificados pela publicidade e pelo consumo)

Generated by Foxit PDF Creator @ Foxit Software
http://www.foxitsoftware.com For evaluation only.

Já na primeira publicação da revista, foi explanada a posição crítica do grupo em relação ao movimento moderno que, segundo ele, se configurou, com o passar do tempo, como uma produção arquitetônica padronizada e convencional, se afastando, assim, do aspecto vanguardista que apresentava no início. Mais especificamente, o grupo demonstrou também, nesse primeiro momento, sua rejeição ao brutalismo inglês, ou novo brutalismo, bastante praticado na época e que, para ele, apesar de refletir os avanços tecnológicos na construção, por se tratar de uma arquitetura produzida de maneira rígida e fazendo intenso uso do concreto pré-moldado, ajudou a criar além de mais um padrão estético, um procedimento padronizado de desenho da arquitetura. Desse modo, a principal crítica feita pelo Archigram não se direcionava aos edifícios em si, mas à prática projetual desse período, na qual os processos de criação e representação se tornaram, cada vez mais pré-estabelecidos:

> "[...] o projeto (como apresentação de uma solução pronta) era demasiado estático, premeditado e removido do contexto ambiental para ser transcrito literalmente em forma construída; não poderia existir mais projeto no sentido tradicional do mundo" (SADLER, 2005, p. 41)[8].

Por posicionarem-se contra as convenções existentes na arquitetura, os membros do Archigram buscaram, por meio de seus projetos, imaginar o futuro da sociedade em função do progresso tecnológico, no qual eram consideradas diferentes realidades possíveis, fossem elas distópicas ou utópicas, motivadas pelos acontecimentos e transformações desencadeadas naquele contexto, como a corrida espacial, a eminência de um conflito nuclear devido à Guerra Fria e a poluição nas grandes cidades. A maior parte da produção criativa do Archigram se configurou apenas como ideias jamais executadas já que previam megaestruturas e sistemas eletrônicos altamente desenvolvidos e irrealizáveis até mesmo nos dias atuais. A ideia de utopia, sob influência da ficção científica na literatura e nas histórias em quadrinhos que, neste período esteve fortemente associada a temas como o espaço, a cibernética e a robótica, conferiu aos projetos do grupo uma grande carga conceitual, na qual a valorização da arquitetura como forma construída era superada pela crítica que esta continha (SADLER, 2005).

Uma das principais ideias propostas pelo grupo Archigram, contrapondo-se à rigidez e à padronização presentes no panorama da arquitetura no início da década de 60, é que os edifícios deveriam ser mutáveis e flexíveis, ou seja, deveriam assumir uma postura ativa em relação ao ser humano e à cidade para, desse modo, responder às dinâmicas sociais, deixando, assim, de ser valorizada apenas como um objeto estático e contemplativo. O conceito da arquitetura ativa e mutável foi aplicado pelo grupo inglês, ainda que de forma meramente especulativa, em 1964, na experimentação urbana denominada "*Walking City*"[9], que consistia em uma espécie de veículo-cidade sem qualquer tipo de fundação fixa a um terreno (figura11). A cidade, composta por um grande aglomerado de *containers*[10] habitacionais e tentáculos tubulares móveis, seria capaz de estar em qualquer tipo de ambiente, até mesmo mares e desertos, e estaria sempre

---

[8]Do original: "[...] design (as in the cut-and-dried presentation of a solution) was too static, premeditated and removed from environmental contexto to be literally transcribed into built form; there could therefore be no more design in the traditional sense of world" (tradução do autor)

[9] Do inglês: cidade andante

[10] Do inglês: recipientes

Generated by Foxit PDF Creator @ Foxit Software
http://www.foxitsoftware.com For evaluation only.



Figura 10 – Composição na Revista Archigram por Ron Herron, 1972. Fonte: http://archigram.westminster.ac.uk/

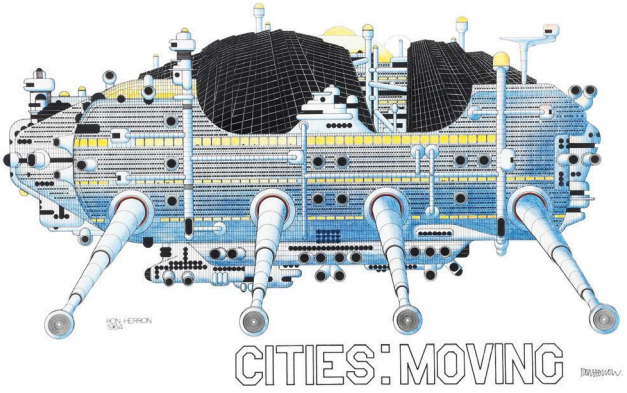


Figura 11 – "Walking City". Fonte: http://www.archdaily.com/

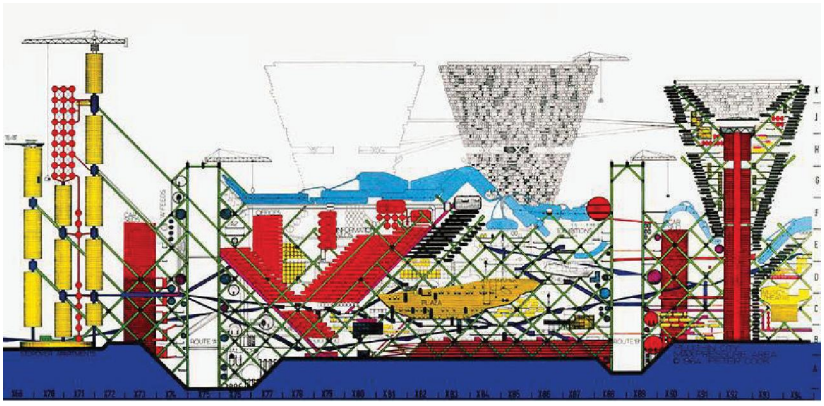


Figura 12 – "Plug-in City". Fonte: http://www.archdaily.com.br/

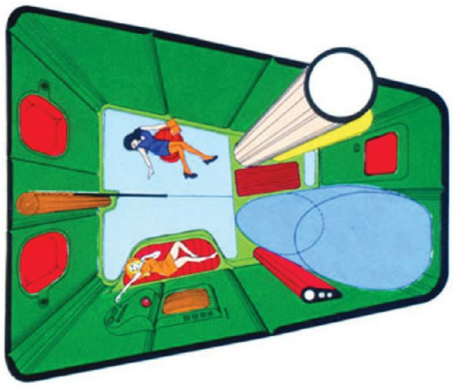


Figura 13 – Cápsula residencial da "Plug-in City". Fonte: http://vitruvius.com.br/

mudando de lugar, servindo de moradia para viajantes e, no caso de um cenário futuro de desastre nuclear, comportando pessoas resgatadas em regiões destruídas e já inabitáveis (NETO, 2015).

Ainda no ano de 1964, o membro do grupo, Peter Cook, desenvolveu um projeto que uniu os preceitos da arquitetura flexível e a ideologia de aceitação da sociedade de consumo, associada ao "Estado do bem-estar" e divisora de opiniões na época, na qual os desejos e necessidades individuais do ser humano se transformavam com cada vez mais frequência e, desse modo, deveriam ser atendidos na medida que os antigos recursos se tornavam obsoletos. A esta proposta foi dado o nome "*Plug-in City*"[11] (figura 12). O projeto previa uma megaestrutura metálica em forma de rede que interconectava toda cidade erguida a partir de torres que comportariam unidades residenciais e serviços que atendessem todas as necessidades de seus moradores. Os edifícios interligados por essa malha suspensa, receberiam, assim, todo tipo de infraestrutura técnica necessária como vias de acesso, tubulações e circuitos de comunicações. As unidades residenciais (figura 13), funcionando como cápsulas acopladas e essa estrutura, poderiam ser facilmente removíveis,

[11] Do inglês: cidade Interconexa; na informática, um plug-in ou módulo de extensão é um programa de computador usado para adicionar funções a outros programas maiores, provendo alguma funcionalidade especial ou muito específica. Geralmente pequeno e leve, é usado somente sob demanda

Generated by Foxit PDF Creator @ Foxit Software
http://www.foxitsoftware.com - For evaluation only.

reparadas e rearranjadas no sistema, o que garantiria uma grande flexibilidade da arquitetura para se adequar às mudanças cotidianas e às novas demandas individuais de cada morador. Portanto, o funcionamento dinâmico e reconfigurável dessa cidade utópica, frente à tradição da arquitetura rígida e perene, pode ser comparado à organização de um computador, como é colocado:

> "No processo computacional, o que é chamado de hardware é a máquina, o instrumento sólido e rígido. O que é chamado de software são os instrumentos leves, móveis e intercambiáveis, ou seja, os múltiplos programas que possibilitam desenvolver e criar inúmeros trabalhos nos mais variados setores. [...] Na Plug-in City o que são chamados de softwares são as unidades arquitetônicas, que no caso são móveis e intercambiáveis. O que é chamado de hardware é a estrutura fixa da cidade, o suporte de apoio onde são conectadas as unidades arquitetônicas" (SILVA, 2004).

Sob as mesmas influências ideológicas do grupo Archigram, o arquiteto inglês Cedric Price também abordou, em 1961, o conceito da arquitetura mutável e sua relação com a tecnologia no projeto do "Palácio da Diversão". A proposta previa um grande complexo que abrigaria diversos tipos de atividades artísticas como dança, música e teatro, de maneira que os ambientes pudessem ser totalmente controlados e modificados pelo público a fim de que fossem utilizados da maneira que este desejasse. Apesar de não ter sido executado, o projeto inspirou posteriormente a construção do "Centro Pompidou" (1977) em Paris pelo arquiteto Renzo Piano, e é considerado, ainda nos dias de hoje, um projeto representativo da incorporação da cibernética na arquitetura.

O Metabolismo Japonês

A mesma abordagem das publicações do Archigram, na qual era idealizada uma cidade do futuro que atendesse a crescente sociedade do consumo em massas, foi também proposta paralelamente por um grupo de arquitetos formado no Japão em 1960: os metabolistas. Este movimento, apesar de ter sido iniciado um ano antes do surgimento do grupo inglês, foi fortemente influenciado pelo mesmo no decorrer do seu desenvolvimento, principalmente no que diz respeito às ideias de cidade utópica e de uma arquitetura móvel e flexível. Contudo, a principal diferença observada entre os preceitos do metabolismo e as propostas do Archigram é que, enquanto este concebia suas ideias inspiradas na ficção científica e no funcionamento das máquinas, os japoneses imaginavam a arquitetura e a cidade como um organismo biológico em constante mudança (OLIVEIRA, 2011).

O Manifesto "*Metabolism: the proposals for a new urbanism*"[12], publicado em 1960 na Conferência Mundial de Design em Tóquio, além de conter as ideias e projetos dos membros do grupo, levantou a discussão de que a sociedade deveria refletir o desenvolvimento das tecnologias e do design, estando, portanto, em um processo contínuo de crescimento e substituição. Esta afirmação justificava o nome adotado pelo grupo já que este representava uma analogia ao processo metabólico dos organismos no qual são realizadas trocas de substância e energia com o meio externo. Desse modo, o movimento se configurou com um

[12] Do Inglês: Metabolismo: as propostas para um novo urbanismo

Generated by Foxit PDF Creator @ Foxit Software
http://www.foxitsoftware.com For evaluation only.



Figura 14 – "Torre-cápsula Nakajima". Fonte: https://bertrand-benoit.com/



Figura 15 – Interior de uma cápsula da "Torre-cápsula Nakajima". Fonte: http://www.slate.com/



Figura 16 – Pavilhão Alemão na Exposição Universal de 1967 em Montreal, por Frei Otto. Fonte: http://expo67.ncf.ca/



Figura 17 – Biosfera de Montreal de 1967, por Buckminster Fuller. Fonte: http://www.archdaily.com.br/

caráter vanguardista, pois possuía como grande objetivo pensar as cidades japonesas do futuro e produzir uma arquitetura transformadora da sociedade no âmbito cultural e tecnológico (KAWAZOE, 1960).

Provavelmente, a obra mais conhecida e representativa deste movimento foi a Torre Cápsula (figura 14), projetada por Kisho Kurokawa em 1972 para a cidade de Tóquio com a intenção de atender à demanda da população por habitações mínimas. O projeto aplicou diversos conceitos essenciais do pensamento metabolista, caracterizando uma das primeiras habitações *high-tech*[13], na qual o interior foi pensado de forma a abrigar sistemas e equipamentos de tecnologia de ponta para a época a fim de suprir as necessidades do homem moderno. O edifício consistiu em uma base fixa de onde se erguiam duas torres compostas por vários apartamentos-cápsulas de 10m² dispostos em posições variadas. As cápsulas (figura 15) foram projetadas de maneira independente e modular, para que fossem facilmente repostas caso necessário, sendo construídas em aço e acopladas às estruturas principais feitas em concreto (TARDIVO, 2012).

[13] Do Inglês: alta tecnologia

Generated by Foxit PDF Creator @ Foxit Software
http://www.foxitsoftware.com For evaluation only.

Podem ser destacados dois fatores de vulnerabilidade do Japão nesse contexto histórico aos quais a arquitetura metabolista buscou responder. Primeiro, a falta de espaço, visto que o arquipélago, predominantemente montanhoso e fragmentado, se encontrava intensamente ocupado; e segundo, os desastres naturais (terremotos e tsunamis) que causavam estragos devastadores até mesmo nos grandes centros urbanos como Tóquio e Osaka. As novas tecnologias abordadas pelo metabolismo, portanto, permitiam vencer a carência estrutural do Japão, através de novas soluções de ocupação verticalizadas, subterrâneas ou em direção ao mar, o que contribuiu para que houvesse um período de otimismo na economia e na arquitetura. Este panorama foi fundamental no processo de reestruturação do país em meio às ruínas deixadas pela Segunda Guerra mundial, o que justificou o incentivo dessa corrente por parte do governo japonês e a expansão de suas ideias para outras partes do mundo devido ao respaldo positivo alcançado. Entre os principais arquitetos influenciados pelo movimento metabolista, o norte-americano Buckminster Fuller e o alemão Frei Otto, cujas experimentações arquitetônicas também são consideradas à frente de seu tempo, se apropriaram da tecnologia como meio de solucionar os problemas da sociedade do futuro como a necessidade de grandes estruturas de baixo custo, a demanda por abrigos temporários e espaços efêmeros (figura 16), e a busca pela leveza e facilidade construtiva na arquitetura (figura 17) (KOOLHAS e OBRIST, 2011).

2.4. A arquitetura da era digital

A partir da década de 80, foi perceptível o início do processo de popularização da computação na sociedade, possibilitado pela implementação dos primeiros computadores pessoais no final dos anos 70 em detrimento aos robustos *mainframes*[14] predominantes no mercado até então. Dentre esses novos dispositivos, se destaca o Apple I de 1976, desenvolvido pelos jovens Steve Jobs e Steve Wozniak, cuja empresa fazia parte do Vale do Silício, onde se estabeleceram várias sedes de grandes empresas de tecnologia e computação que contribuíram para uma acentuada alteração de paradigmas na sociedade, com reflexo em várias áreas como a política, a economia, a cultura e até mesmo a arquitetura. Os avanços alcançados na informática e, consequentemente, no desenvolvimento de *softwares*[15], foram apropriados pelos arquitetos dessa época como ferramentas de projeto na medida em que os programas CAD (*computer-aided design*[16]) (figura 18) foram gradativamente inseridos em sua prática profissional até se tornarem posteriormente, juntamente com a tecnologia BIM (*Building Information Modeling*[17]) e a modelagem paramétrica, uma realidade na maioria dos escritórios e escolas de arquitetura. Desse modo, a "arquitetura digital", cujo termo surgiu na década de 80, se diferenciava ainda mais dos movimentos arquitetônicos anteriores, principalmente com relação ao processo criativo, já que a arquitetura deixou de ser simplesmente inspirada em processos com-

[14] Do inglês: estrutura principal. Mainframe é um computador de grande porte dedicado normalmente ao processamento de um volume muito grande de informações. O termo era utilizado para se referir ao gabinete principal que alojava a unidade central de processamento nos primeiros computadores

[15] Do inglês: programas. Software é o nome dado a uma sequência de instruções a serem seguidas e executadas em um computador ou máquina semelhante bem como o comportamento exibido por estas, incluindo não só o programa de computador propriamente dito, mas também manuais e especificações

[16] Do inglês: desenho assistido por computador

[17] Do inglês: construção de modelos baseados em informação

Generated by Foxit PDF Creator @ Foxit Software
http://www.foxitsoftware.com For evaluation only.



Figura 18 – Interface do AutoCAD na década de 80. Fonte: http://blog.render.com.br/



Figura 19 – Casa Guardiola por Peter Eisenman. Fonte: http://worldarchitecture.org/

putacionais para ser, de fato, formulada digitalmente, o que foi fundamental para a criação de linguagens formais totalmente novas abordadas, por exemplo, pelo desconstrutivismo (JONES, 2015).

A arquitetura algorítmica

Conforme o uso dos computadores se popularizou, um número cada vez maior de programas foi desenvolvido para atender necessidades de seus usuários, criando-se algoritmos[18] com a função de resolver problemas complexos em diversas áreas do conhecimento até então não solucionados pelo cérebro humano. A "arquitetura algorítmica", denominada assim pelo pesquisador Kostas Terzidis, se trata da utilização do funcionamento dos algoritmos para se pensar a arquitetura. Esse método não está necessariamente ligado ao uso do computador, mas este pode ajudar a suprir as limitações humanas configurando, assim, uma parceria entre o arquiteto e a máquina (CALIXTO e VINCENT, 2013).

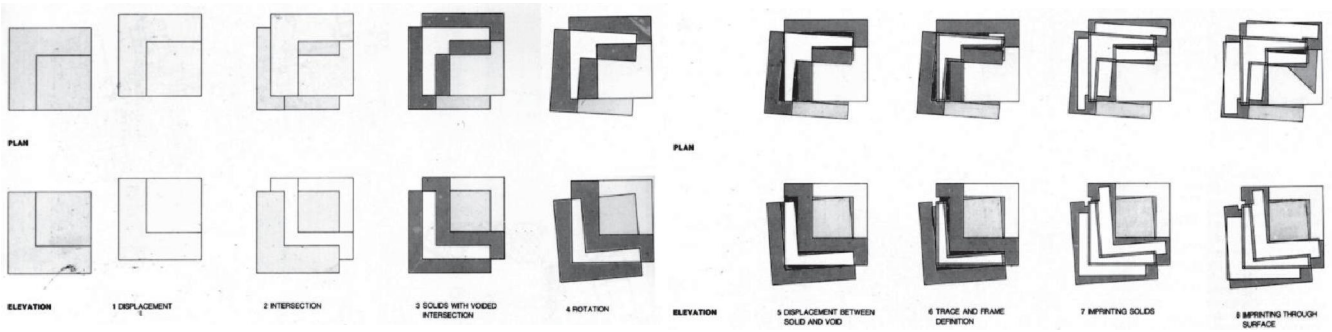


Figura 20 – Etapas de modificações na forma da Casa Guardiola. Fonte: http://www.frac-centre.fr/

[18] Procedimento lógico com etapas finitas e bem estabelecidas, para ser executado dentro de um tempo finito

Generated by Foxit PDF Creator @ Foxit Software
http://www.foxitsoftware.com For evaluation only.

Para Terzidis, a necessidade do uso de algoritmos no processo criativo arquitetônico nasce a partir das tarefas complexas solicitadas pelo cérebro humano às quais os métodos convencionais não respondem de modo eficiente:

> "[...] na prática da arquitetura, inserir dados, calcular elementos estruturais, ou imprimir desenhos de linhas grandes são tarefas, ou problemas, que exigem o uso do computador mesmo que eles possam ser realizados manualmente. No entanto, existem alguns problemas cuja complexidade, nível de incerteza, ambiguidade ou a gama de soluções possíveis exigiu um relacionamento sinérgico entre a mente humana e um sistema informático. Tal sinergia é possível apenas através do uso de estratégias algorítmicas que asseguram uma abordagem dialética e uma relação complementar entre a mente humana e a máquina" (TERZIDIS, 2006, p. 38).[19]

É possível identificar a utilização do raciocínio algorítmico nas experimentações do norte-americano Peter Eisenman que, além de ser um dos precursores da arquitetura desconstrutivista, se destacou pela utilização da computação como protagonista em seu processo projetual. Para ele, a arquitetura deveria descrever as complexidades do mundo tecnológico contemporâneo e as ferramentas digitais passariam a auxiliar o arquiteto na resolução de problemas relacionados ao espaço, forma e ordem presentes na arquitetura tradicional já que as novas possibilidades presentes nos softwares computacionais permitiam que estes aspectos fossem estrategicamente informados, reformulados e transformados a fim de que se produzissem soluções que superassem os modelos comuns e previsíveis. Uma de suas obras na qual é possível perceber

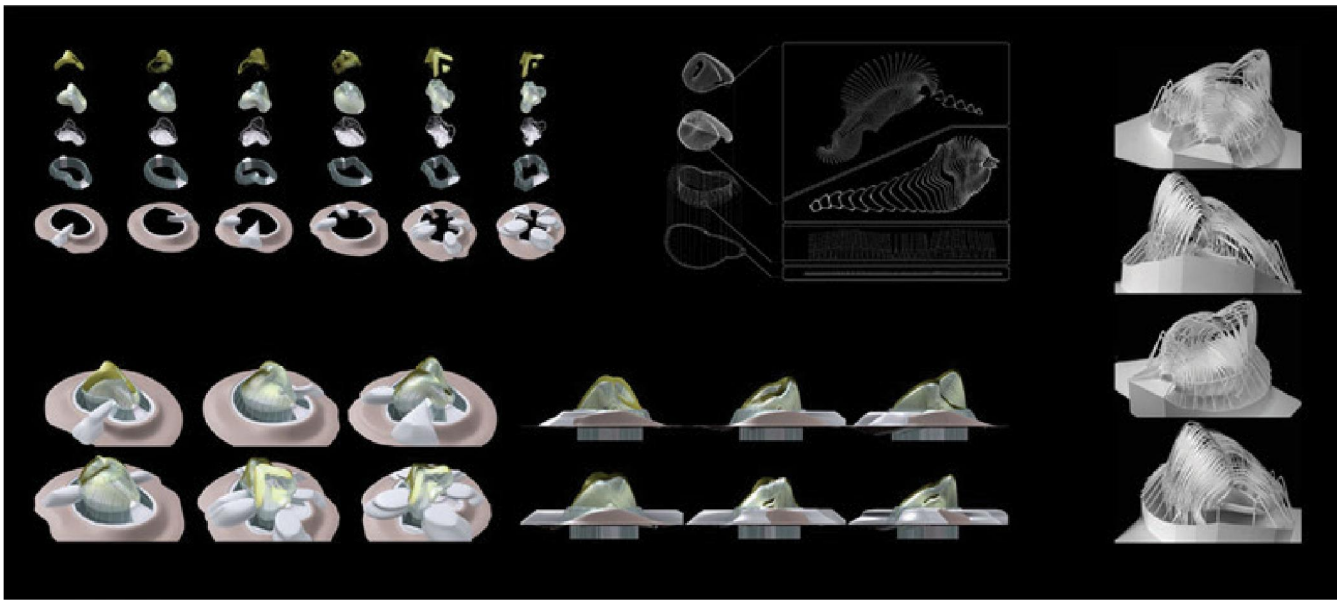


Figura 21 – Concepção da forma da "Casa Embriológica" por Greg Lynn. Fonte: https://xlili.wordpress.com/

[19] Do original: [...] in architectural practice, inputting data points, calculating structural elements, or printing large line drawings are tasks, or problems, that require the use of the computer even though they can be performed manually. Yet, there are some problems whose complexity, level of uncertainty, ambiguity, or range of possible solution required a synergetic relationship between the human mind and a computer system. Such a synergy is possible only through the use of algorithmic strategies that ensure a complementary and dialetic relationship between the human mind and the machine (tradução do autor)

Generated by Foxit PDF Creator @ Foxit Software
http://www.foxitsoftware.com For evaluation only.

o processo de concepção arquitetônica como um conjunto de tarefas definidas e a "Casa Gaudiola" (figura 19), projetada em 1988 para a cidade de Cadiz na Espanha, cuja geometria complexa foi possível somente graças à modelagem por meio de programas computacionais. No processo de criação da casa, foi utilizado um cubo como volume inicial no qual, posteriormente, foram realizadas várias operações (figura 20) como torções, rotações, adições e subtrações que são evidenciadas na forma final, gerando a sensação de constante mudança na articulação do edifício (ALENCAR, 2009).

O norte-americano Greg Lynn também foi um dos arquitetos a utilizar algoritmos em seu processo criativo, se diferenciando por utilizar essa ferramenta como meio de gerar formas biomórficas para seus edifícios, como é possível observar na "Casa Embriológica" de 1997 (figura 21). Lynn também foi um dos responsáveis por inovar o design com a utilização das tecnologias computacionais, sendo um dos pioneiros no uso da fabricação digital utilizando máquinas CNC (comando numérico computadorizado) para se produzir formas ergonômicas complexas. Portanto, a arquitetura algorítmica, envolve, ao invés do desenho e da criação direta, a geração de formas e espaços baseando-se em regras e parâmetros estabelecidos pelo arquiteto durante a concepção do projeto, o que confere a este uma maior coerência e flexibilidade já que, a partir do modelo obtido, é possível facilmente estudar, transformar e aprimorar suas formas, superando assim as limitações dos métodos criativos convencionais. A utilização do processo algorítmico, conferiu à arquitetura pós-moderna e contemporânea novas possibilidades de abordagem pouco exploradas anteriormente, desenvolvidas e experimentadas até nos dias atuais, dentre as quais estão a arquitetura generativa e a arquitetura performativa cujas características complexas só puderam ser aplicadas na prática por meio do uso do computador (TERZIDIS, 2006).

Personalização em massa

Do final do século XX até os dias atuais a sociedade, em abrangência global, tem experimentado um conjunto de avanços tecnológicos caracterizados principalmente pela substituição do funcionamento analógico pelos dispositivos digitais. Apesar de ter sido iniciada na década de 80 com a disseminação do uso dos computadores, esta transição se tornou mais evidente a partir do começo dos anos 2000 quando o uso da *internet*[20] já se encontrava estruturado e amplamente disponível, tornando-se parte do cotidiano nas casas e em diversas profissões. Este processo, que para muitos ainda se desenvolverá por muitos anos, é conhecido como revolução digital ou terceira revolução industrial (figura 22) e é marcado pela rapidez na propagação de informações e pela flexibilidade e facilidade de acesso na comunicação pelos meios digitais que estimulam cada vez mais a interatividade dos usuários. Entre as diversas mudanças de paradigmas sociais e econômicos provocadas pela revolução digital nos dias atuais, é possível destacar: a popularização do uso de telefones celulares, utilizados por mais de 60% da população mundial; os avanços na robótica, intensamente utilizada na produção industrial; o fortalecimento da indústria de impressão 3D que ultra-

[20] Do inglês: rede. Internet é uma rede global de computadores que fornece uma variedade de informações e facilidades de comunicação, consistindo em redes interligadas usando protocolos de comunicação padronizados

Generated by Foxit PDF Creator @ Foxit Software
http://www.foxitsoftware.com For evaluation only.



Figura 22 – Capa da revista "The Economist" de abril de 2012. Fonte: http://www.biblioteca.itamaraty.gov.br/

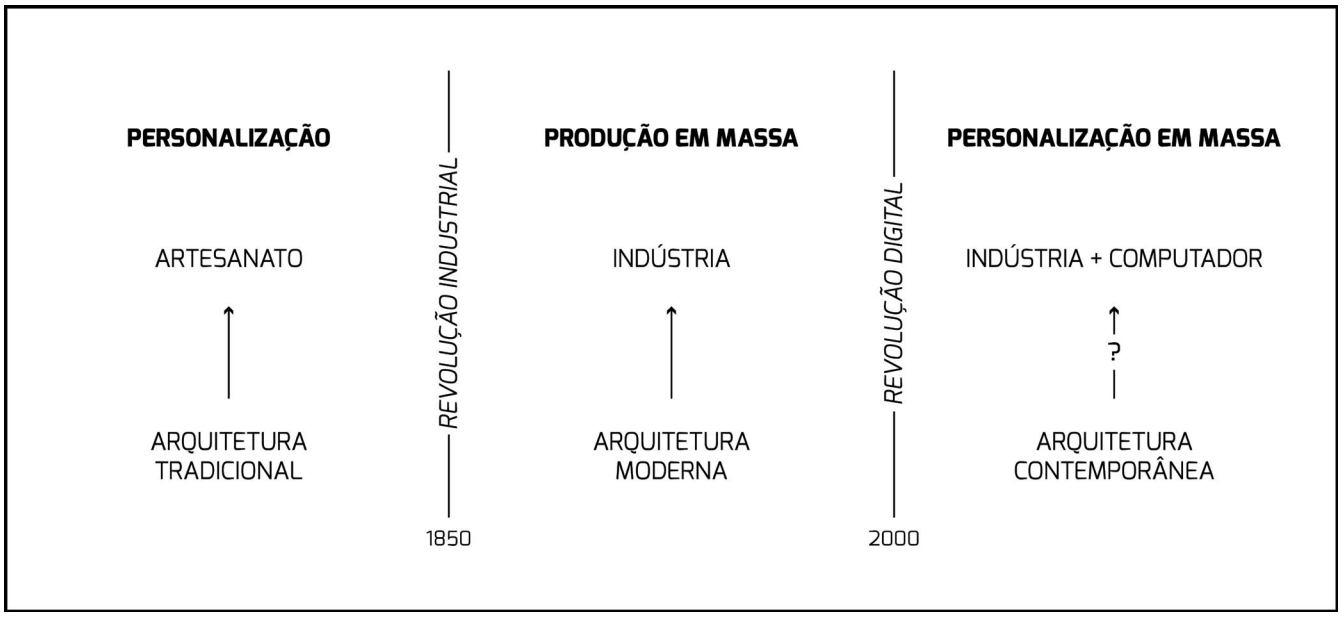


Figura 23 – Evolução das modos produtivos na arquitetura. Fonte: Autor

passou o valor de cinco bilhões de dólares; o crescimento do comércio *online*[21], que representa 27% dos consumidores, e a personalização de produtos e serviços que ganhou crescente destaque na competição do mercado (MATTOS, 2013).

Desse modo, a partir do início do século XXI, pôde se observar em diversos setores da economia, uma tendência cada vez maior de individualização da produção de acordo com as necessidades específicas dos seus consumidores finais, tal como era feito no modo de produção artesanal. Entretanto, nesse caso, apesar de ser personalizada, a produção busca atender, com grande rapidez, uma grande quantidade de

[21] Do inglês: conectado

Generated by Foxit PDF Creator @ Foxit Software
http://www.foxitsoftware.com For evaluation only.

clientes a fim de destacar as empresas em meio à grande concorrência e à segmentação existentes no mercado, o que configura um novo tipo de processo produtivo: a personalização em massa (DA SILVEIRA, 2001).

Esse sistema, de acordo com Ahmet Dincer (2014), depende necessariamente da aplicação das tecnologias digitais modernas, como o design paramétrico e a fabricação digital, já que as mesmas podem conferir, ao produto, propriedades moduláveis e configuráveis que ajudam a estabelecer a interação entre o produtor e o usuário. Um exemplo representativo dessa mudança de paradigmas nos dias atuais é a produção habitacional, cujo principal objetivo é atender as necessidades e expectativas particulares dos moradores, mas que, quando é realizada de maneira massificada em larga escala, se torna padronizada, mais voltada aos requisitos coletivos e menos aos individuais, assim como na lógica da produção industrial (figura 23):

> "[...] A indústria tradicional de produção em massa é burocrática e hierárquica. Sob uma estreita supervisão, os trabalhadores reproduzem tarefas definidas e repetitivas. Resultado: bens e serviços padronizados e de baixo custo. Resultados típicos em arquitetura: processos, técnicas, e projetos homogêneos, rígidos, fixos, autoritários, hierárquicos, pré-determinados, formulados, etc. [...] A personalização em massa exige flexibilidade e rápida capacidade de resposta. Em um ambiente sempre em mudança, pessoas, processos, unidades e tecnologias são reconfiguradas para dar aos clientes exatamente o que eles querem. Coordenadores independentes, indivíduos capazes e um sistema eficiente de ligação é crucial. Resultado: bens e serviços personalizados, de baixo custo e de alta qualidade. Resultados típicos na arquitetura: processos, técnicas e projetos heterogêneos, flexíveis, adaptáveis, colaborativos, não hierárquicos, baseados em parâmetros, etc." (DYE, 2004, p. 218-219).[22]

Portanto, a personalização em massa passa a oferecer, no campo da arquitetura, possibilidades de informar os edifícios para que estes respondam com grande precisão às variáveis do ambiente e dos usuários específicos, gerando uma maior variabilidade de soluções possíveis mesmo em situações deterministas de projeto. Em meio a essas possibilidades, são elencadas diferentes estratégias de personalização utilizadas na atualidade, cada uma em um nível distinto de massificação: a colaborativa, na qual há um amplo diálogo entre os produtores e os usuários antes da produção; a cosmética, na qual o produto padronizado apresenta algumas possibilidades de personalização, ainda que limitadas, em sua utilização; e a adaptativa, na qual o produto possui um alto nível de flexibilidade para atender às individualidades de diferentes situações e usuários, o que, no contexto contemporâneo, corresponde por exemplo, às abordagens da arquitetura performativa e da arquitetura cinética (DINCER, 2014).

---

[22] Do original: [...] The traditional mass-production company is burocratic and hierarchical. Under close supervision, workers repeat narrowly defined, repetitious tasks. Result: low-cost, standard goods and services. Typical results in architecture: processes, techniques, and designs that are homogenous, rigid, fixed, authoritarian, hierarchical, pre-determined, formulaic, etc. [...] Mass Customization calls for flexibility and quick responsiveness. In an ever-changing environment, people, processes, units, and technology reconfigure to give customers exactly what they want. Managers coordinate independent, capable individuals, and an efficient linkage system is crucial. Result: low-cost, high-quality, customized goods and services. Typical results in architecture: processes, techniques, and designs that are heterogeneous, flexible, adaptable, collaborative, non-hierarchical, parameter based, etc. (tradução do autor)

Generated by Foxit PDF Creator @ Foxit Software
http://www.foxitsoftware.com For evaluation only.

O projeto a ser desenvolvido é destinado ao município de Uberlândia-MG e o terreno escolhido para sua implantação se localiza no bairro Santa Maria, na Avenida Anselmo Alves dos Santos (figura 24), próximo ao cruzamento com a Avenida João Naves de Ávila. A escolha do sítio em questão foi motivada por sua inserção no "nó urbano" configurado pelo cruzamento da Avenida João Naves de Ávila com a Avenida Rondon Pacheco, onde há a presença de uma grande confluência de comércios, serviços e instituições próximos, como por exemplo o Center Shopping Uberlândia, a Uberlândia Business Tower, a Prefeitura Municipal de Uberlândia, a Universidade Federal de Uberlândia, além de diversos hotéis, lojas e supermercados.

Desse modo, entende-se que o terreno possui uma localização ideal por estar próximo a intensos fluxos de pessoas, transportes e capitais, o que exigirá das habitações criadas, características que atendam a uma população tipicamente contemporânea: individualizada, dinâmica e inserida nos meios tecnológicos como trabalhadores, pesquisadores, estudantes e esportistas. Para este edifício será utilizado apenas o lote



Figura 24 – Foto aérea com localização do terreno escolhido. Fonte: Autor

Generated by Foxit PDF Creator @ Foxit Software
http://www.foxitsoftware.com For evaluation only.

situado na esquina com a Rua Antônio Rodrigues Serrana que possui área equivalente a 930 m² (17,00 m x 31,00 m) a fim de que seja considerado o maior aproveitamento possível do solo, já que a especulação imobiliária, a falta de espaço, o adensamento e a cidade compacta são temas recorrentes ao se pensar o futuro das cidades e, principalmente, dos grandes centros urbanos (LYNCH, 2006).

Visando o objetivo de aplicar as tecnologias de automação na arquitetura para que esta responda às necessidades da sociedade da personalização em massa, propõe-se a elaboração de um projeto arquitetônico de um edifício habitacional vertical a partir dos seguintes procedimentos:

Estudos de caso

Para a obtenção de referências práticas que contribuam na elaboração do projeto do edifício habitacional proposto, serão realizados alguns estudos de caso de obras arquitetônicas que exemplificam a utilização da automação na arquitetura contemporânea. Primeiramente, será analisado o edifício "Al Bahar", que foi projetado pelo escritório "Aedas *Architects*[23]" de Hong Kong e é um dos exemplares mais representativos da arquitetura performativa. Também serão analisadas as casas "Rotorhaus" e "Sharifi-ha" de autoria, respectivamente, do *designer*[24] Luigi Colani e do arquiteto Alireza Taghaboni, e que demonstram os conceitos da arquitetura cinética inseridos na temática habitacional. Nestas obras, serão analisados o uso da tecnologia na concepção projetual e o modo como os elementos arquitetônicos respondem às variações impostas pelo ambiente e pelos usuários.

Perspectivas ficcionais

Além das referências arquitetônicas, serão estudadas duas obras cinematográficas da ficção científica: "Ex Machina" e "Black Mirror", nas quais é possível observar o uso das tecnologias de automação nas habitações imaginadas no futuro promovendo a interação do usuário com o edifício. Nestes exemplos será analisada a maneira como a tecnologia já existente é incorporada para se pensar a arquitetura do futuro, bem como as possibilidades criativas que esta pode conferir por meio da implementação de tecnologias utópicas.

Análise de condicionantes ambientais

Para que o edifício proposto responda de maneira eficaz e apresente um bom desempenho frente às variáveis ambientais, serão coletadas e analisadas as informações climáticas específicas para a região do terreno escolhido. Além disso, serão realizadas simulações climáticas com auxílio de software computacio-

[24] Do inglês: arquitetos

[25] Do inglês: projetista

Generated by Foxit PDF Creator @ Foxit Software
http://www.foxitsoftware.com For evaluation only.

nal a fim de que se obtenham resultados de projeto consistentes, visto que estas análises serão utilizadas como instrumento fundamental na concepção arquitetônica.

Consulta à legislação

Para o desenvolvimento do estudo preliminar, serão utilizadas como base as determinações da Lei complementar nº 525, de 14 de abril de 2011, que dispõe sobre o zoneamento, uso e ocupação do solo do município de Uberlândia. De acordo com o zoneamento urbano, a região do terreno escolhido pertence à ZR2 (Zona Residencial 2) e também ao SVA (Setor de Vias Arteriais) por estar voltado para a Avenida Anselmo Alves dos Santos. Em ambas as zonas é permitido, entre outros usos, a implantação de habitações multifamiliares verticais, que será proposta neste trabalho.

Quanto às restrições urbanísticas específicas da área escolhida, a taxa de ocupação da construção no terreno, de acordo com a ZR2, deve ser de 60% ou 40% caso sejam ultrapassados 4 pavimentos de uso habitacional. É permitido, porém, nos 2 primeiros pavimentos, 70% de ocupação para áreas comuns, comércios e serviços e 80% no subsolo desde que a projeção do afastamento frontal não seja ocupada, segundo as restrições do SVA. Os parâmetros relativos à volumetria do edifício como afastamentos, gabarito e testada correspondem aos valores de acordo com o zoneamento listados na tabela 1. As restrições urbanísticas delimitam ainda as áreas mínimas de estacionamento que, para habitações multifamiliares verticais, devem compreender no mínimo 1 vaga para cada unidade habitacional construída. As vagas deverão possuir dimensões mínimas de 2,4 m x 4,5 m (10,8 m²) e 10% delas deverão ter no mínimo 2,4 m x 5,0 m.

ÁREA	COEFICIENTE DE APROVEITAMENTO	AFASTAMENTO FRONTAL MÍNIMO	AFASTAMENTO LATERAL E DE FUNDO MÍNIMO	TESTADA MÍNIMA DO LOTE
SVA	4,00	3,00 m	1,50 m	DE ACORDO COM A ZONA ONDE ESTÁ INSERIDA
ZR2	2,75	3,00 m	1,55 m	10 m

Tabela 1 – Restrições urbanísticas. Fonte: Adaptado de https://leismunicipais.com.br/

Consulta às normas técnicas

Tratando-se da concepção do edifício em si, serão levadas em consideração as normas NBR 15575 e NBR 9050, cujos direcionamentos estão relacionados respectivamente ao desempenho de edifícios habitacionais e aos princípios de acessibilidade nas edificações. Na primeira, estão dispostas as exigências de ha- bitabilidade do edifício em relação aos seus usuários, dentre as quais se encontram o desempenho

Generated by Foxit PDF Creator @ Foxit Software
http://www.foxitsoftware.com For evaluation only.

térmico e lumínico. No que diz respeito ao conforto térmico, a edificação deve apresentar valores de temperatura do ar no interior dos espaços de permanência prolongada, como dormitórios e sala de estar, mais satisfatórios que no ambiente exterior para os dias típicos de verão e de inverno, considerando-se a zona bioclimática definida Z4, onde a cidade de Uberlândia está inserida. Na tabela 2, são apresentadas as exigências de temperatura para as duas situações nos níveis mínimos (M), intermediários (I) e superiores (S) de desempenho. Apesar de não serem obrigatórios, os dois últimos níveis são recomendáveis para que se promova maior conforto aos usuários (ABNT, 2013).

Para as exigências de conforto lumínico, a norma estabelece que, durante o dia, os ambientes da habitação devem receber uma quantidade satisfatória de iluminação natural direta ou indiretamente do meio externo. A norma ainda indica que, em conjuntos habitacionais, a disposição dos prédios, caixas de escada ou outras edificações implantadas, não pode prejudicar a entrada adequada da iluminação natural nas habitações. Já durante a noite, os sistemas de iluminação artificial devem promover condições de conforto e segurança nos ambientes internos de permanência e circulação. Os níveis de iluminação natural e artificial exigidos estão dispostos na tabela 3 nos níveis mínimos (M), intermediários (I) e superiores (S) de desempenho, sendo os dois últimos recomendáveis para que haja maior conforto lumínico para os usuários (ABNT, 2013).

Na NBR 9050, é tratado sobre o conceito de acessibilidade que compreende a possibilidade de alcance, percepção e entendimento para o uso seguro dos espaços e mobiliários de um edifício por qualquer usuário, incluindo pessoas com mobilidade reduzida. Entre as exigências abordadas na norma, podemos destacar os acessos, rampas, circulação, área de alcance e superfície de trabalho. Nos edifícios, as entradas e espaços principais devem ser completamente acessíveis. De acordo com o documento, os estacionamentos devem possuir entradas acessíveis ou devem existir vagas destinadas a portadores de necessidades especiais com rota acessível à entrada. A acessibilidade é facultativa em ambientes restritos, como carga e descarga. Nas rotas acessíveis, os desníveis e degraus devem ser evitados e, se for necessário o uso de rampas, a inclinação recomendável para estas é de até 8,33% (ABNT, 2015).

NÍVEL DE DESEMPENHO	CRITÉRIO PARA CONDIÇÕES DE VERÃO	CRITÉRIO PARA CONDIÇÕES DE INVERNO
M	Ti,max ≤ Te,max	Ti,min ≥ (Te,min + 3° C)
I	Ti,max ≤ (Te,max - 2° C)	Ti,min ≥ (Te,min + 5° C)
S	Ti,max ≤ (Te,max - 4° C)	Ti,min ≥ (Te,min + 7° C)
Ti,max é o valor máximo diário da temperatura do ar no interior da edificação em graus Celsius; **Te,max** é o valor máximo diário da temperatura do ar exterior à edificação em graus Celsius; **Ti,min** é o valor mínimo diário da temperatura do ar no interior da edificação em graus Celsius; **Te,min** é o valor mínimo diário da temperatura do ar exterior à edificação em graus Celsius;		

Tabela 2 – Avaliação de desepenho térmico para condições de verão e inverno. Fonte: Adaptado de NBR 15575 (2013)

Generated by Foxit PDF Creator @ Foxit Software
http://www.foxitsoftware.com For evaluation only.

DEPENDÊNCIA	ILUMINAMENTO GERAL PARA OS NÍVEIS DE DESEMPENHO (lux)					
	M		I		S	
	ILUMINAÇÃO NATURAL	ILUMINAÇÃO ARTIFICIAL	ILUMINAÇÃO NATURAL	ILUMINAÇÃO ARTIFICIAL	ILUMINAÇÃO NATURAL	ILUMINAÇÃO ARTIFICIAL
SALA DE ESTAR	≥ 60	≥ 100	≥ 90	≥ 150	≥ 120	≥ 200
DORMITÓRIO	≥ 60	≥ 100	≥ 90	≥ 150	≥ 120	≥ 200
COPA/ COZINHA	≥ 60	≥ 200	≥ 90	≥ 300	≥ 120	≥ 400
ÁREA DE SERVIÇO	≥ 60	≥ 100	≥ 90	≥ 150	≥ 120	≥ 200
BANHEIRO	NÃO EXIGIDO	≥ 100	≥ 30	≥ 150	≥ 45	≥ 200
CORREDOR/ ESCADA	NÃO EXIGIDO	≥ 100	≥ 30	≥ 150	≥ 45	≥ 200
GARAGENS/ ESTACIONAMENTOS INTERNOS E COBERTOS	NÃO EXIGIDO	≥ 100	≥ 30	≥ 150	≥ 45	≥ 200
GARAGENS/ ESTACIONAMENTOS DESCOBERTOS	NÃO EXIGIDO	≥ 20	≥ 30	≥ 30	≥ 45	≥ 40

Tabela 3 – Níveis de iluminamento geral para iluminação natural e artificial. Fonte: Adaptado de NBR 15575 (2013)

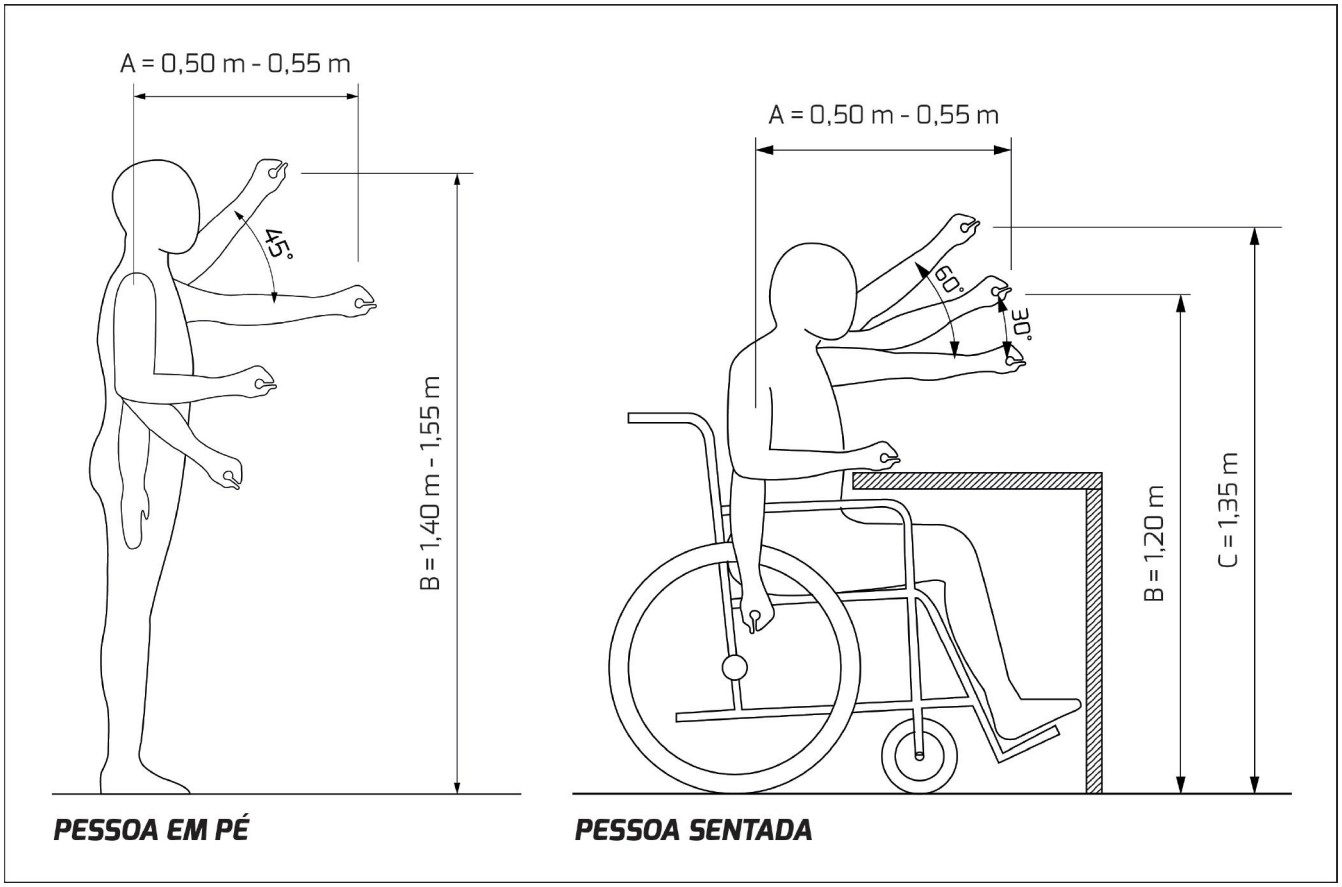


Figura 25 – Dimensões de alcance manual. Fonte: Adaptado de NBR 9050 (2015)

Generated by Foxit PDF Creator @ Foxit Software
http://www.foxitsoftware.com For evaluation only.

Dessa maneira, é regulamentado que o vão mínimo para circulação andando se em pé e de frente deve medir, para pessoas sem necessidades especiais, 0,60 m e, para cadeirantes e usuários de muletas, 0,90 m podendo chegar até 1,20 m. Para as manobras realizadas por usuários com cadeiras de rodas devem ser previstos espaços com dimensões mínimas de 1,20 m x 1,20 m para rotação de 90°, 1,50 m x 1,20 m para rotação de 180°, e 1,50 m x 1,50 m para rotação de 360°. Quanto às exigências de ergonomia relacionadas aos mobiliários, são determinadas na figura 25 as medidas referenciais de alcance manual para uma pessoa em pé e para uma pessoa sentada ou em cadeira de rodas, sendo que A é a dimensão do alcance manual frontal, B é a altura do alcance máximo confortável e C é a altura do alcance máximo eventual. As superfícies de trabalho devem estar posicionadas a uma altura de 0,75 m a 0,85 m do piso e devem possuir profundidade inferior livre de no mínimo 0,50 m para garantir a aproximação de usuários em cadeira de rodas (ABNT, 2015).

Generated by Foxit PDF Creator @ Foxit Software
http://www.foxitsoftware.com For evaluation only.

Cada vez mais é possível observar, em meio às diversas vertentes contemporâneas, a busca pela capacidade de adaptação da arquitetura frente às variáveis projetuais. O conceito de adaptação, presente na biologia, é definido pela adequação de um organismo a fim de que este desenvolva harmonia com o ambiente que o cerca e, no caso da arquitetura, tem como objetivo principal a obtenção de um resultado projetual que não seja único, mas múltiplo, ou seja, que compreenda um conjunto de soluções que atuem em diferentes situações possíveis. Desse modo, a adaptatividade, pode ser aplicada, hoje em dia, de diversas maneiras e em níveis distintos, indo além da arquitetura performative e da arquitetura cinética que serão melhor tratadas neste trabalho. O arquiteto Achim Menges, por exemplo, utiliza princípios de sustentabilidade aliados ao estudo do comportamento físico dos materiais para produzir uma arquitetura biomimética que responda de forma ativa às variações climáticas, sem o uso de qualquer dispositivo eletrônico. Contrapondo-se a essa estratégia, outro exemplo no qual percebe-se o caráter adaptativo da arquitetura são as "*Motor Homes*[25]" que, a partir da união edifício-automóvel, atingem um elevado grau de mobilidade e flexibilidade, já que estes veículos comportam espaços e equipamentos de uso residencial totalmente integrados ao sistema tecnológico do carro sendo, desse modo, facilmente comercializáveis e substituíveis (TEIXEIRA, 2017).

4.1. Arquitetura performativa (*Performative Architecture*)

A arquitetura performativa, segundo o conceito proposto por Kolarevic (2005), se manifesta de duas maneiras distintas: a estática, quando o objeto arquitetônico apresenta uma configuração que visa atingir um alto nível de desempenho relacionado a um ou mais critérios, como um desenho estrutural que otimiza os esforços, aberturas que promovem qualidade luminosa ou térmica, ou uma forma interna que permite uma acústica melhorada; e a dinâmica, quando o edifício possui elementos que apresentam movimento ou possibilidades de reconfiguração física, de acordo com as demandas do ambiente e dos usuários. Em ambos os casos, os processos computacionais são utilizados durante o desenvolvimento do projeto para que se atinja os níveis de desempenho desejados (KOLAREVIC e MALKAWI, 2005).

Durante as décadas de 1990 e 2000, a incorporação da disciplina de automação como parte da arquitetura era chamada convencionalmente de domótica, compreendendo basicamente o gerenciamento

[26] Do inglês: casas motorizadas

Generated by Foxit PDF Creator @ Foxit Software
http://www.foxitsoftware.com For evaluation only.

de sistemas prediais como segurança, energia, iluminação, condicionamento de ar e multimídias. Já na abordagem da arquitetura performativa, essas tecnologias permitem incorporar movimento a diversos elementos do edifício, como a fachada, assumindo estruturas e formas mais extraordinárias. Esses componentes dinâmicos podem desempenhar diversas funções, como garantir o conforto ambiental interno por meio do acionamento de diafragmas e tentáculos que controlam aberturas, ou também possuir propósitos artísticos, como no uso de telas ou projeções vinculadas a sensores de presença e movimento, nos quais há comunicação e interação entre o edifício e seus ocupantes (LIMA, 2015).

Torres Al Bahar (*Aedas Architects*)

Um dos exemplares mais representativos da arquitetura performática, projetado pelo estúdio Aedas em 2008, as torres Al Bahar compreendem a nova sede do Conselho de Investimento de Abu Dhabi, a maior cidade e capital dos Emirados Árabes Unidos. O projeto das torres se deu como uma resposta a algumas das iniciativas discutidas no Plano Abu Dhabi 2030, que compreende um quadro de desenvolvimento abrangente para a cidade baseado nos princípios de responsabilidade cultural e ambiental. É possível observar a aplicação desses conceitos nas torres Al Bahar por meio do sistema de proteção solar inspirado nos tradicionais "muxarabis" que compõem as fachadas, integrando o edifício ao seu contexto cultural e respondendo diretamente às condições climáticas da região. As duas torres (figura 26), localizadas na região leste de Abu Dhabi, possuem 25 andares de escritórios e capacidade para mais de 1.000 funcionários cada.

Os edifícios em forma de casulo, como é possível observar na figura 27, são baseados em uma forma geométrica modelada por meio de ferramentas de design paramétrico para atingir a proporção ideal de superfícies. O desenho geral das torres foi otimizado para complementar o sistema de sombreamento. O processo começou com dois cilindros simples, que produzem a maior eficiência em área de paredes e pisos, ou seja, mais volume com menos superfície. Posteriormente, a forma circular foi modificada para se produzir uma geometria que reduzisse exposição solar, gerando uma orientação natural. Desse modo, a for-

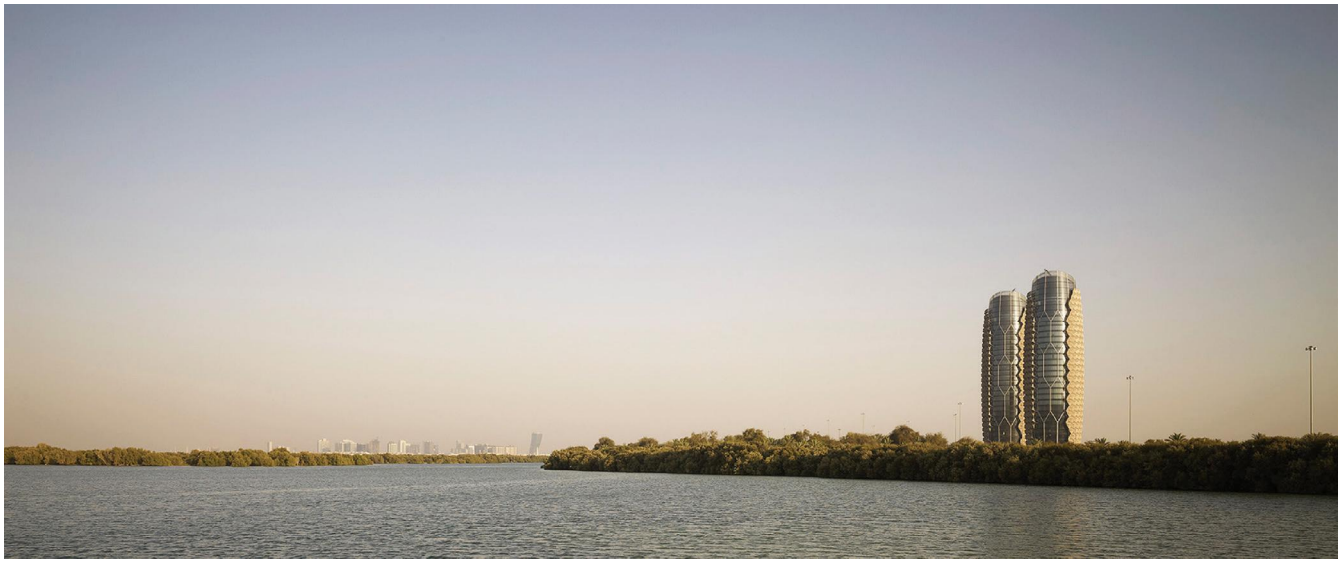


Figura 26 – Inserção das torres Al Bahar na paisagem de Abu Dhabi. Fonte: http://www.ahr-global.com/

Generated by Foxit PDF Creator @ Foxit Software
http://www.foxitsoftware.com For evaluation only.

ma das torres foi esculpida em torno do centro para se tornar mais estreita na base e no topo, e mais larga nos pisos intermediários. Como é visto na planta de um dos pavimentos (figura 28), ao longo do lado sul dos pavimentos, foram dispostos jardins internos abertos que também contribuem para diminuir os efeitos da insolação e também servem para atender os usuários como espaços de encontro ou descanso. Já no pavimento térreo, que compreende a base das torres, são distribuídos diversos espaços comuns, incluindo salas de oração, restaurantes e um auditório. Além disso, existem dois níveis de estacionamento subterrâneo (figura 29) e um mirante aberto ao público no último andar a uma altura de 120 metros (CILENTO, 2012).

O calor de Abu Dhabi, que pode chegar a 48 graus Celsius no verão, faz com que o sombreamento e o uso de ar condicionado sejam duas soluções indispensáveis em qualquer construção. Desse modo, os arquitetos do escritório Aedas, propuseram uma fachada composta por elementos geométricos tridimen-



Figura 27 – Vista das torres Al Bahar a partir de um observador no chão. Fonte: https://www.theplan.it/

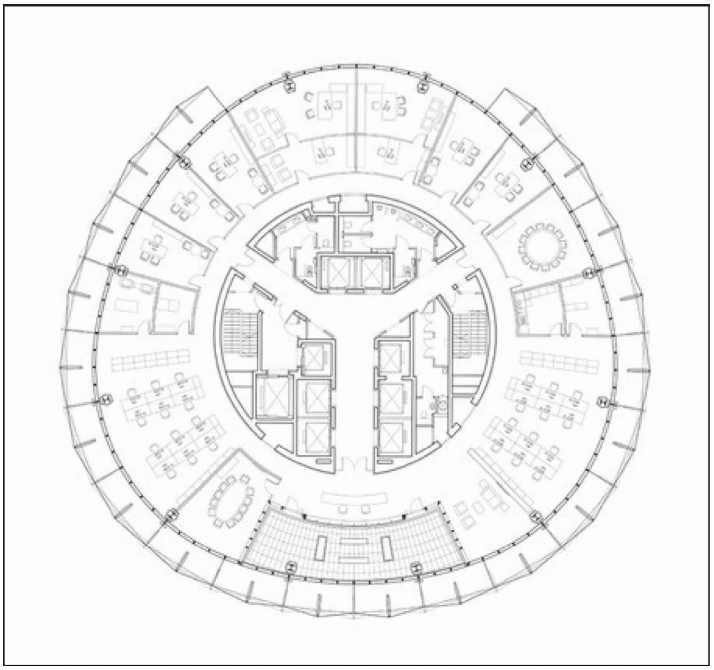


Figura 28 – Planta de um dos pavimentos de escritórios das torres Al Bahar. Fonte: https://www.theplan.it/

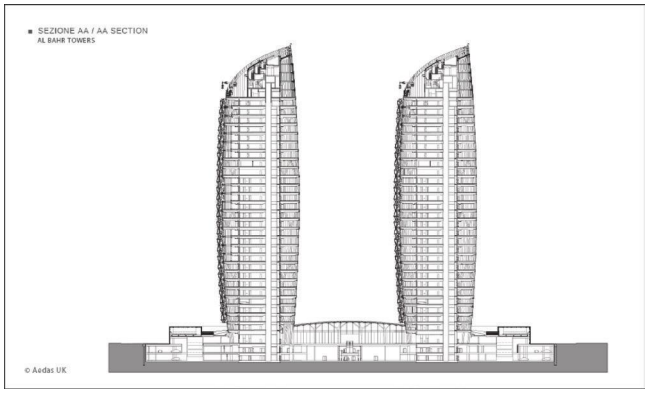


Figura 29 – Corte transversal das torres, térreo e subsolo. Fonte: https://www.theplan.it/

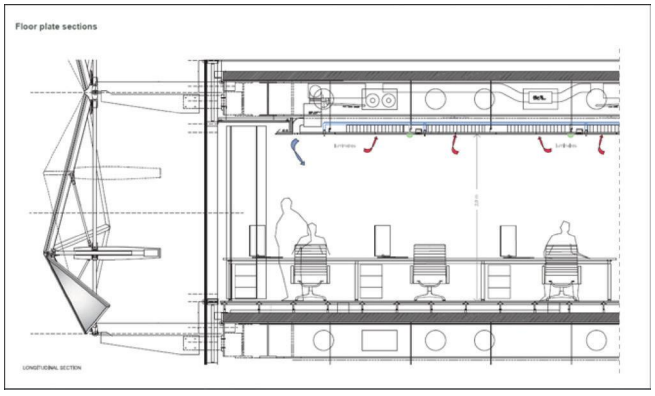


Figura 30 – Corte indicando a relação do elemente de sombreamento com o ambiente interno. Fonte: https://www.theplan.it/

Generated by Foxit PDF Creator @ Foxit Software
http://www.foxitsoftware.com For evaluation only.

sionais controlados por computador que se contraem e se expandem ao longo do dia, de acordo com a trajetória do sol e a incidência de raios solares, semelhante ao Instituto do Mundo Árabe de Jean Nouvel em Paris. Cada uma das mais de 1000 unidades independentes cobre cerca de dois metros quadrados da fachada do edifício (figura 30), configurando uma grande rede que envolve quase completamente cada uma das torres, com exceção das faces voltadas para o norte (figura 31).



Figura 31 – Vista da fachada norte das torres Al Bahar. Fonte: http://www.ahr-global.com/

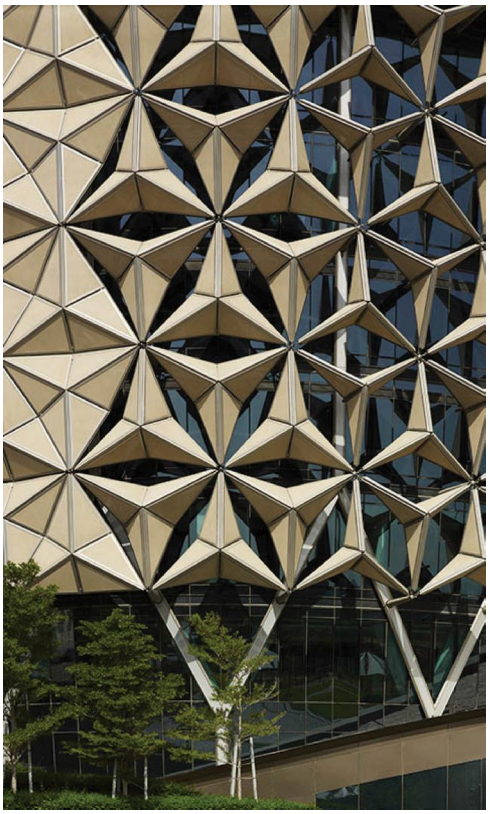


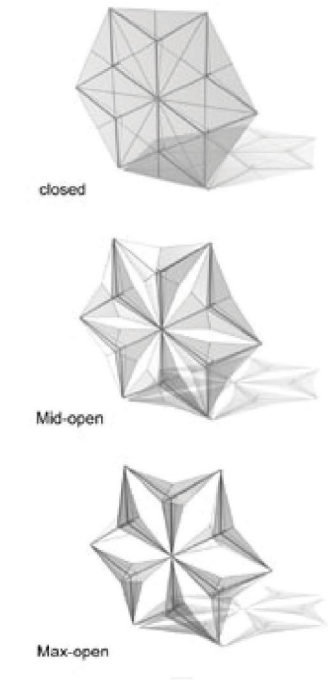
Figura 32 – Detalhe dos elementos de proteção solar na fachada. Fonte: http://www.ahr-global.com/

O sistema de fachadas utilizado nas torres Al Bahar as distingue das tipologias de arranha-céus predominantes na área, pois apresenta soluções dinâmicas para as diferentes condições climáticas, utilizando avançadas tecnologias de automação para atender altos padrões de eficiência. A principal inspiração utilizada na criação dos elementos de proteção solar da fachada foi o "muxarabi", que consiste em uma técnica tradicional da arquitetura islâmica do Oriente Médio, constituída por telas de madeira com padrões geométricos de aberturas que reduzem a entrada de calor e insolação nas edificações. Além disso, o mecanismo de abertura e fechamento de cada um desses elementos foi projetado para se assemelhar ao movimento realizado por espécies vegetais nativas como reação às diferentes condições climáticas (figura 32).

Como um exemplo de aplicação da performance na arquitetura, a concepção dos elementos geométricos que compõem a fachada foi feita por meio de métodos tecnológicos altamente desenvolvidos, como o uso da modelagem paramétrica e algorítmica. Assim, o conceito de projeto foi refinado com o uso de programas computacionais sem que se perdessem os ideais iniciais. Os arquitetos e engenheiros trabalharam para desenvolver uma descrição paramétrica para a geometria dos painéis móveis, simulando suas

Generated by Foxit PDF Creator @ Foxit Software
http://www.foxitsoftware.com For evaluation only.

movimentações em resposta à exposição solar e às alterações do ângulo de incidência durante diferentes períodos do ano (figura 33). As telas de sombreamento individuais são controladas por um sistema de gerenciamento de edifícios alimentado por energia renovável derivada de painéis fotovoltaicos, criando uma fachada inteligente.



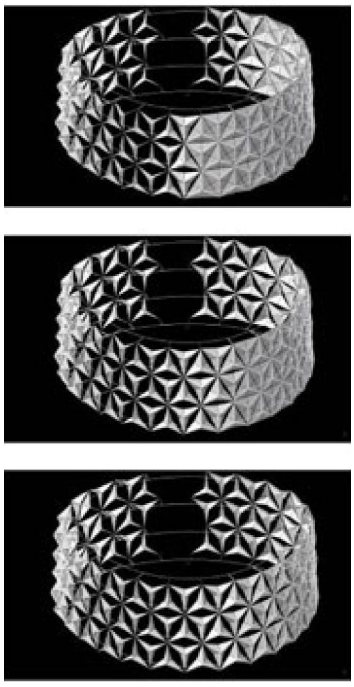


Figura 33 – Estados dinâmicos dos módulos e sua distribuição na fachada. Fonte: https://www.designboom.com/

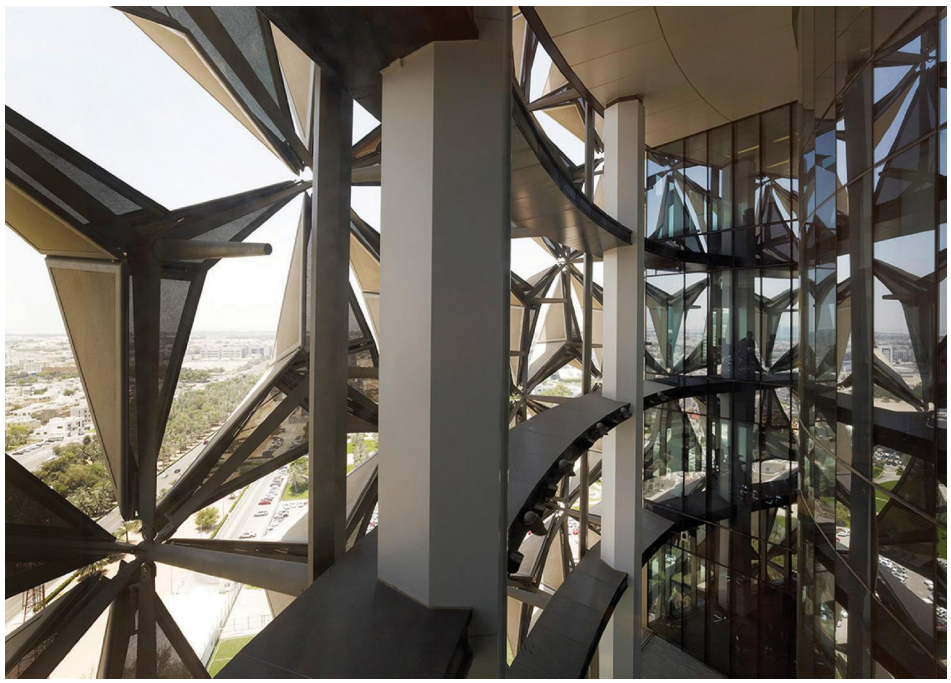


Figura 34 – Paineis semi-abertos realizando a filtragem da luz. Fonte: http://www.ahr-global.com/



Figura 35 – Fachada inteiramente fechada e iluminada durante a noite. Fonte: http://www.live-production.tv/

Generated by Foxit PDF Creator @ Foxit Software
http://www.foxitsoftware.com For evaluation only.

Os módulos triangulares são revestidos com microfibra de vidro e programados para responder ao movimento do sol como forma de reduzir a incidência solar direta. Estima-se que a tela reduz a entrada de insolação em mais de 50% e reduz a necessidade de ar condicionado. Além disso, a capacidade de filtragem de luz propiciou aos arquitetos uma maior liberdade no uso de tipos de vidros que permitem maior quantidade de luz dentro dos ambientes (figura 34) e, consequentemente, menos necessidade de luz artificial, o que ajudou a responder também à aspiração dos Emirados Árabes em assumir um papel de liderança no campo da sustentabilidade. Cada módulo compreende um conjunto de painéis de PTFE (politetrafluoroetileno) esticado e é conduzido por um dispositivo atuador para abrir e fechar progressivamente uma vez por dia (figura 35), seguindo uma sequência pré-programada para se evitar a entrada de luz solar direta no edifício. Todo o sistema é auxiliado por sensores que abrem os módulos em caso de mudança das condições de insolação, ou as fecham em caso de chuvas. Os efeitos deste sistema incluem: a redução da insolação direta, a melhora da qualidade da luz durante o dia, menor dependência da iluminação artificial e mais de 50% de redução na entrada de insolação, o que resulta em uma redução das emissões de gás carbônico de 1.750 toneladas por ano.

4.2. Arquitetura cinética (*Kinetic Architecture*)

O termo "cinética" no contexto da arquitetura significa a capacidade do edifício de sofrer mudanças reversíveis na totalidade ou em partes da sua estrutura sem deixar de ser um sistema íntegro. Quando o sistema é cinético e também adaptativo, este possui capacidade de responder a condições variáveis. As estruturas cinéticas adaptativas podem reagir a um ambiente em mudança, bem como podem gerar os seus próprios ambientes.

Assim, a justificativa para a utilização das estruturas cinéticas adaptativas na arquitetura baseia-se em três razões: a economia dos meios, a responsabilidade pelo meio ambiente natural e a satisfação das necessidades e desejos humanos. Apesar destes critérios também serem contemplados nos projetos de arquitetura convencional, as estruturas cinéticas adaptativas tornam as eficiências do edifício moduláveis e destacam sua estética contemporânea. O principal atributo que distingue a cinética adaptativa de outras formas de arquitetura é que o aproveitamento da energia nas tarefas envolvidas é totalmente visível no edifício quando este produz trabalho, por meio do movimento perceptível de seus elementos (DEL VALLE, 2005).

Rotorhaus (Luigi Colani)

Dentre os exemplares contemporâneos que aplicam as ideias da arquitetura cinética, podemos destacar a "Rotorhaus", de 2004, que consiste em um projeto vanguardista do designer suíço Luigi Colani destinado à empresa alemã de construção de habitações pré-fabricadas "Hanse Haus". Um dos objetivos da cooperação entre Luigi Colani e a construtora foi mostrar que é possível a realização de projetos individuais, executando ideias inovadoras e formas incomuns, como as desenvolvidas por Colani para seus automóveis

Generated by Foxit PDF Creator @ Foxit Software
http://www.foxitsoftware.com For evaluation only.



Figura 36 – Protótipo da Rotorhaus. Fonte: http://blog.kineticarchitecture.net/



Figura 37 – Áreas funcionais giratórias. Fonte: http://blog.kineticarchitecture.net/



Figura 38 – Cilindro Giratório da Rotorhaus. Fonte: http://blog.kineticarchitecture.net/



Figura 39 – Sala de estar da Rotorhaus. Fonte: http://blog.kineticarchitecture.net/

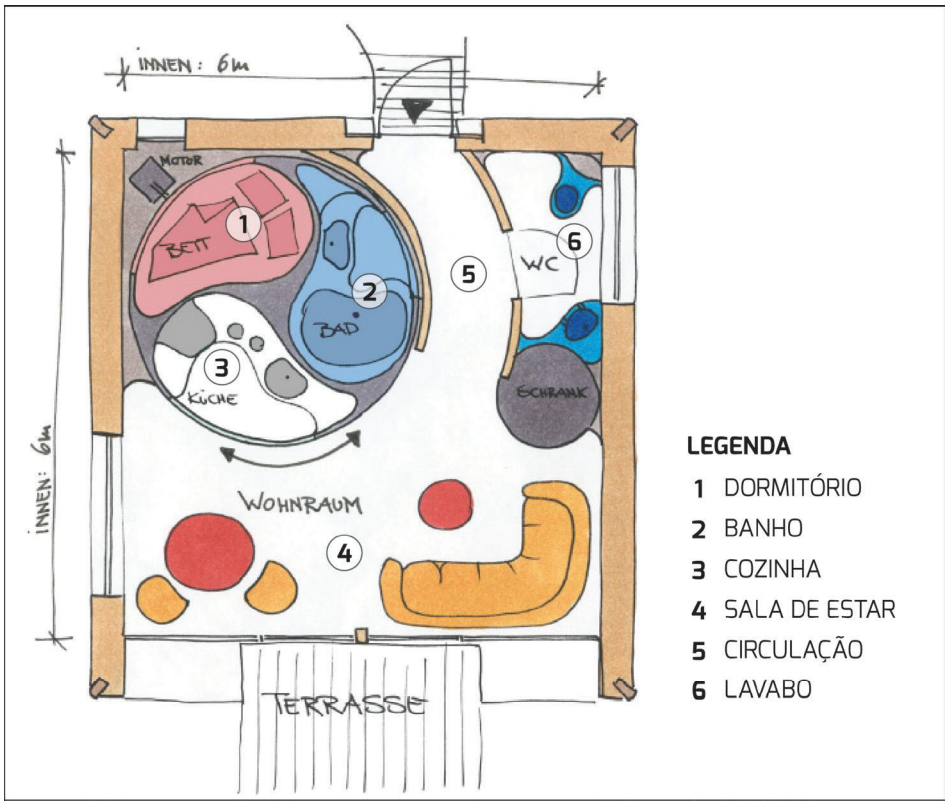


Figura 40 – Planta baixa esquemática da Rotorhaus. Fonte: http://blog.kineticarchitecture.net/

Generated by Foxit PDF Creator @ Foxit Software
http://www.foxitsoftware.com For evaluation only.

e outros produtos, mesmo por meio de construções pré-fabricadas. Buscou demonstrar-se, assim, que a produção de habitações pré-fabricadas, ao contrário da opinião de muitos, não promove necessariamente a escolha de uma casa a partir de um catálogo padronizado. A liberdade criativa e a pré-fabricação não se contradizem, já que os mais variados tipos de desejos e ideias dos clientes podem ser realizados neste método de construção. Atualmente, a Rotorhaus ainda é um protótipo único e não possui unidades produzidas em massa para clientes. O protótipo da casa está localizado na sede da Hanse Haus em Oberleichtersbach, na Baviera e é aberta para o público visitante (RANDL, 2008).

Luigi Colani imaginou a casa para o futuro, tendo como objetivo inserir o máximo de possibilidades de usos em uma área mínima construída. Seguindo os princípios de uma construção econômica e funcional, a casa possui dimensões internas de 6 m de largura por 6 m de comprimento e é composta principalmente por fibra de vidro em seu interior e madeira no invólucro externo (figura 36). A ideia central do projeto, é a inserção de um volume cilíndrico subdividido em áreas funcionais para dormir, tomar banho e cozinhar (figura 37). Por meio da incorporação das tecnologias de automação, este cilindro pode ser rotacionado a partir de um painel controlado pelo morador (figura 38), modificando a disposição de seus espaços internos.

Os espaços foram concebidos a partir de uma sala de estar de 18 m² (figura 39) articulada ao cilindro giratório, que comporta as três áreas funcionais diferentes, cada uma com 2 m². Estes espaços de necessidade podem ser rotacionados para que sua abertura se conecte com a área de estar (figura 40). Desse modo, qualquer uma das áreas funcionais, quando acionada pelo usuário, se torna acessível e integrada ao ambiente amplo da sala, podendo configurar, de acordo com Colani, um grande quarto de 20 m², um grande espaço de banho de 20 m², ou uma grande cozinha de 20 m². Juntamente com o banheiro independente e a área de circulação, a casa apresenta, portanto, um espaço vital de cerca de 67 m² em vez dos 36 m² construídos em planta, se mostrando ideal para a demanda crescente de famílias pequenas e moradores "nômades" nas grandes cidades.

Casa Sharifi-Ha (Alireza Taghaboni)

Projetada em 2013 pelo arquiteto Alireza Taghaboni, a casa Sharifi-Ha é um edifício residencial localizado na cidade de Teerã, capital do Irã. Como é comum em diversos lotes urbanos, o terreno deste edifício possui a largura muito menor que a sua profundidade. Dessa maneira, um dos objetivos do arquiteto com este projeto foi conferir um aspecto de tridimensionalidade à fachada estreita. A parte frontal do edifício é composta por caixas giratórias (figura 41) que, quando deslocadas, alteram a volumetria do edifício, tornando-o aberto ou fechado, intrusivo ou extrusivo. Assim, percebe-se que as qualidades sensoriais e espaciais do interior, bem como a composição formal do exterior são um reflexo direto das modificações sofridas pelos elementos móveis do edifício (figura 42), o que denota a utilização de princípios da arquitetura cinética como a incerteza e a flexibilidade.

Os blocos giratórios são reconfigurados, por meio do uso de dispositivos de automação, de acordo com a mudança de estações do ano ou por necessidade funcionais dos usuários. Neste primeiro caso,

Generated by Foxit PDF Creator @ Foxit Software
http://www.foxitsoftware.com For evaluation only.

a possibilidade de conformação aberta ou fechada do edifício se deu como uma referência às tipologias residenciais tradicionais do Irã que variam de acordo com o clima local (figura 43), o que propiciou à casa Sharifi-Ha um modo dinâmico e sazonal de moradia, com uma forma em constante processo de mudança (figura 44). No verão, o edifício apresenta um volume aberto, transparente e com espaços amplos de terraço. Já durante o rigoroso inverno da cidade, o volume se torna fechado, recluso e com aberturas mínimas (TAGHABONI, 2013).



Figura 41 – Fachada da casa Sharifi-Ha. Fonte: www.nextoffice.ir/



Figura 42 – Sequência de abertura do bloco giratório. Fonte: www.nextoffice.ir/

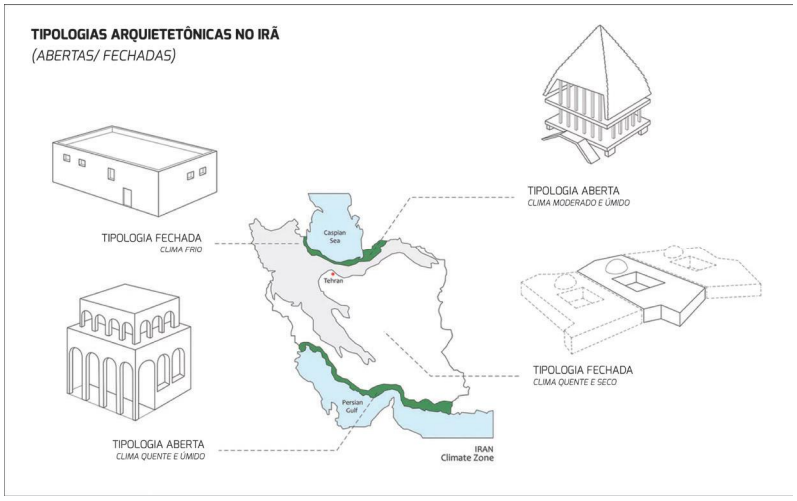


Figura 43 – Tipologias arquitetônicas do Irã de acordo com o clima. Fonte: www.nextoffice.ir/

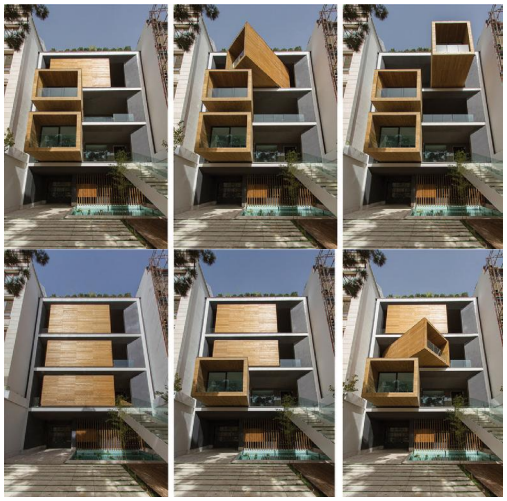


Figura 44 – Sequência de reconfigurações da fachada. Fonte: www.nextoffice.ir/

Generated by Foxit PDF Creator @ Foxit Software
http://www.foxitsoftware.com For evaluation only.

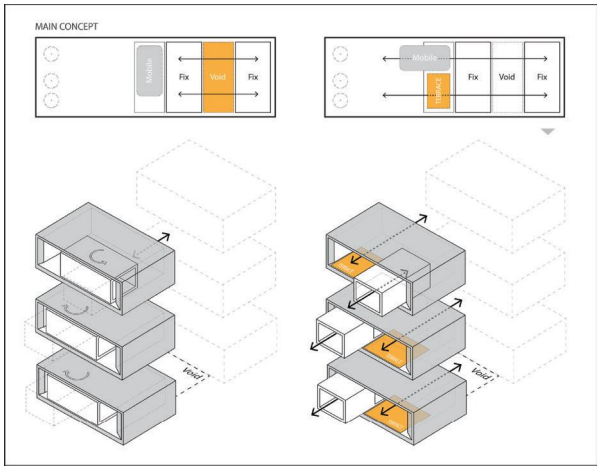


Figura 45 – Esquema da organização espacial do edifício. Fonte: www.nextoffice.ir/



Figura 46 – Iluminação zenital no vazio central do edifício. Fonte: www.nextoffice.ir/



Figura 47 – Possibilidades de disposições para os ambientes internos. Fonte: www.nextoffice.ir/

Generated by Foxit PDF Creator @ Foxit Software
http://www.foxitsoftware.com For evaluation only.

O programa da casa é distribuído em sete níveis: os dois pisos subterrâneos são destinados à academia, áreas de convívio e lazer, enquanto o pavimento térreo abriga o estacionamento e áreas técnicas. As áreas sociais são dispostas no primeiro e segundo andares e os espaços de uso privativo estão concentrados no terceiro e quarto andares. O edifício é composto basicamente por quatro partes principais (figura 45): o volume fixo ao fundo, o vazio central, o volume fixo frontal e o volume móvel da fachada. Quando as caixas giratórias são fechadas, o edifício ainda recebe luz solar por meio da abertura zenital presente no vazio central (figura 46). De acordo com a vontade do visitante, o quarto de hóspedes no segundo andar pode ser rearranjado para diferentes usos. Da mesma maneira, o escritório e o espaço de refeições no primeiro e terceiro andares podem mudar sua disposição, se tornando mais amplos ou integrados. Percebe-se, desse modo, que a casa é adaptável também às necessidades funcionais de seus usuários, apresentando sempre a possibilidade de reconfiguração para diferentes cenários temporários (figura 47).

A estrutura e os mecanismos do edifício foram fabricados utilizando cortadoras a laser CNC e outras máquinas industriais alemãs, importadas pelo próprio cliente. Alguns detalhes importantes na construção dos blocos giratórios que receberam maior atenção do arquiteto foram os parapeitos dobráveis automaticamente e os mecanismos de rotação (figura 48), que utilizaram o mesmo método empregado para modificar cenários teatrais e rotacionar plataformas em exposições de automóveis. Além disso, foram realizadas simulações computacionais para se verificar os desempenhos estático e dinâmico da estrutura do edifício, já que várias configurações possíveis foram levadas em consideração ao se calcular as cargas e as prováveis deformações dos elementos construtivos. Desse modo, devido às peculiaridades e o caráter flexível deste projeto, os principais carregamentos presentes na casa foram apoiados nas vigas da sala de estar, resultando em um sistema estrutural irregular (TAGHABONI, 2013).

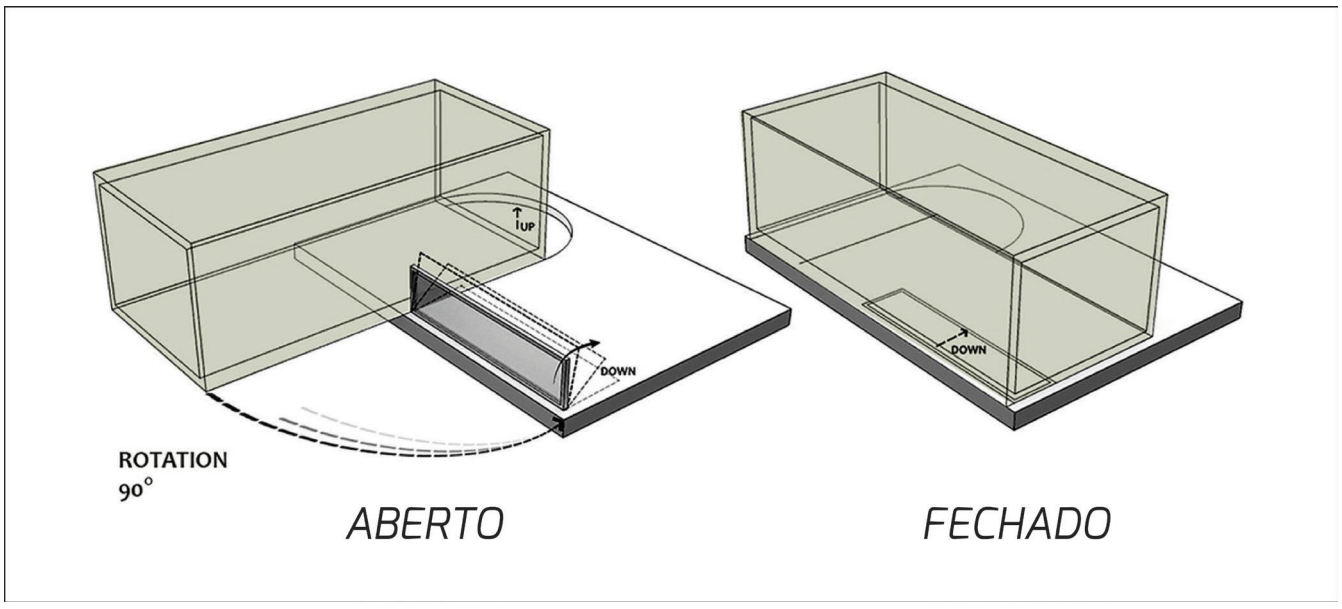


Figura 48 – Mecanismo de rotação dos blocos. Fonte: www.nextoffice.ir/

Generated by Foxit PDF Creator @ Foxit Software
http://www.foxitsoftware.com For evaluation only.

4.3. Perspectivas Ficcionais

O uso de tecnologias avançadas como parte integrante da arquitetura foi, durante grande parte do século XX, e ainda é hoje em dia um tema de abordagem recorrente em obras da ficção científica, compreendendo diversos veículos midiáticos dentre os quais se destacam o cinema, a televisão, a literatura e as histórias em quadrinhos. Desse modo, a ficção exerceu historicamente um papel criativo de imaginar as cidades do futuro, idealizando desde edifícios e automóveis até os mais variados tipos de utensílios e equipamentos utilizados pelo homem, seja se utilizando de influências do seu tempo, ou realizando projeções utópicas para se pensar os mesmos. No filme "De Volta para o Futuro 2" de 1989, cuja história se passa em partes no ano de 2015, é possível notar que algumas das suas projeções se cumpriram e outras não. O uso de dispositivos com telas sensíveis ao toque (touchscreen), por exemplo, apesar de comum atualmente, inclusive em atividades domésticas, não foi previsto no filme, sendo predominante, neste caso, a utilização dos botões e comando de voz (figura 49) para acionamento de equipamentos (Back to the Future: Part II, 1989).

Outra característica marcante, também comum em várias outras obras cinematográficas da década de 1980, é que apesar de propor soluções inovadoras para problemas do futuro, o desenho estético tanto da arquitetura, quanto dos equipamentos e produtos imaginados em "De Volta para o Futuro 2" é percebidamente vinculado aos padrões de design da época em que este foi produzido. Ainda assim, entende-se que, mesmo que possuam um caráter especulativo, as visões do mundo futurista na ficção científica são muito importantes para fomentar o pensamento visionário e, consequentemente, a proposição de ideias inovadoras em diversas áreas profissionais criativas, dentre as quais se encontra a arquitetura e o urbanismo.

> "O estudo de filmologia de ficção que especula sobre tempos futuros permite verificar algumas conquistas de ideias das prospetivas que acabaram por acontecer: desde a invenção da televisão e telefone, até a casa futurista com uma série de funções automatizadas, a tecnologia computacional e os efeitos da globalização. Todas essas ideias exprimem preocupações perante o futuro de tendências do presente. Assim, o fato de as prospetivas serem projetadas perante determinados fatos do mundo atual, anseios ou medos perante acontecimentos da época, as ideias para esse futuro são fundamentadas e podem servir de inspiração para a sua concretização real, sendo no cinema previamente simuladas" (AFONSO, 2014, p. 187).



Figura 49 – Cenas mostrando equipamento com botões e acionamento por comando de voz. Fonte: Filme "De Volta para o Futuro 2"

Generated by Foxit PDF Creator @ Foxit Software
http://www.foxitsoftware.com For evaluation only.

Dessa maneira, é possível destacar na produção ficcional atual, exemplos que retratam a arquitetura de maneira integrada aos sistemas tecnológicos digitais, dentre os quais as obras "Black Mirror" e "Ex Machina" utilizam essa premissa ao se pensar as habitações do futuro. Em ambos os casos, os edifícios residenciais apresentam soluções arquitetônicas e tecnológicas que visam responder à necessidade de personalização e flexibilização das atividades cotidianas observada na sociedade atual, apropriando-se principalmente dos dispositivos de automação já existentes e prevendo possíveis evoluções e desdobramentos para os mesmos, com o objetivo de solucionar as demandas dos usuários.

Ex Machina (Alex Garland)

No longa metragem "Ex Machina", de 2015, o cenário onde toda a narrativa se desenvolve consiste em uma casa futurista inteligente que, além de abrigar Nathan, um dos personagens principais, possui instalações próprias para a realização de suas pesquisas, aposentos para receber convidados que participem das mesmas e locais de testes e armazenagem dos androides criados pelo personagem. Desse modo, o sistema de automação residencial presente na casa, além de auxiliar nas demandas cotidianas dos moradores por meio, por exemplo, de iluminação artificial acionada a partir de sensores de presença nos ambientes (figura 50), supre as necessidades de segurança relacionada à entrada e saída dos usuários dos espaços, visto que a distinção entre os personagens humanos e os robôs dotados de inteligência artificial é muitas vezes imperceptível nesta obra. Como é mostrado na figura 51, o acesso à casa por um convidado é controlado e monitorado por um dispositivo que se comunica com este por meio da fala, realizando seu reconhecimento facial e cadastrando suas permissões de acesso somente aos ambientes internos designados por Nathan.

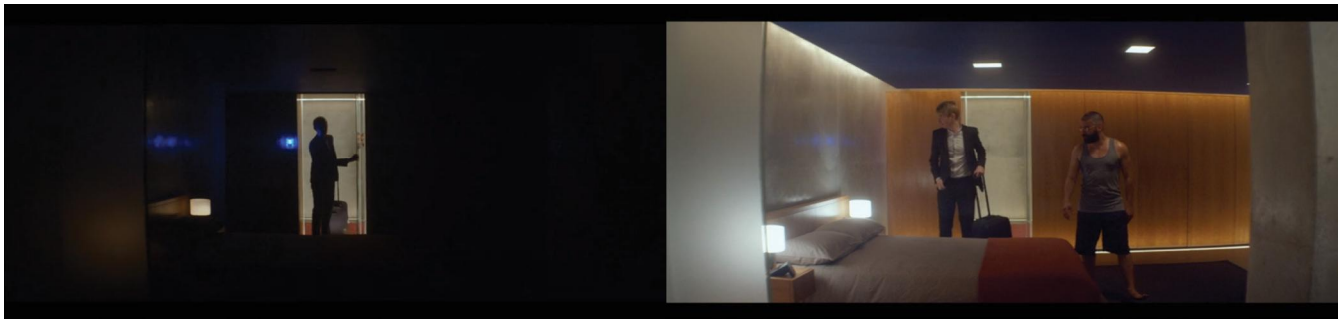


Figura 50 – Cena mostrando iluminação artificial acionada por sensor de presença. Fonte: Filme "Ex Machina"



Figura 51 – Cenas mostrando o controle de acessos na casa. Fonte: Filme "Ex Machina"

Generated by Foxit PDF Creator @ Foxit Software
http://www.foxitsoftware.com For evaluation only.



Figura 52 – Cena mostrando ativação do confinamento de segurança. Fonte: Filme "Ex Machina"

Além disso, graças à integração do sistema de automação ao gerenciamento da rede elétrica do edifício, quando há uma queda repentina de energia, é acionado um estado de confinamento total, no qual todos os ambientes são trancados e a falha é comunicada pelo sistema aos moradores por fala e pela mudança na iluminação (figura 52), a fim de que se evite que os androides escapem ou tenham acesso a áreas não permitidas pelo seu dono (Ex Machina, 2015).

Black Mirror (Charlie Brooker)

A série de televisão inglesa "Black Mirror", exibida a partir de 2011, consiste em uma antologia de ficção científica, na qual cada episódio apresenta uma narrativa autônoma que acontece em uma linha temporal independe, sendo construídos, assim, vários cenários futurísticos diferentes, estejam eles em um futuro próximo ou distante dos dias atuais. Por ser focada principalmente na relação da tecnologia com o homem, a série discute, em cada história, um dispositivo ou meio tecnológico inserido no cotidiano dos personagens e a maneira como estes provocam modificações nos paradigmas sociais e comportamentais ao serem utilizados.

No episódio "15 Milhões de Méritos", são imaginadas residências individuais onde a tecnologia de telas sensíveis ao toque é um elemento fundamental da arquitetura (figura 53), ajudando a compor até mesmo as paredes internas para que nestas sejam exibidas imagens programadas de acordo com o horário e a atividade realizada pelo usuário, por exemplo, o ato de acordar. Além disso, essa interface permite que, nestes espaços, sejam desempenhadas funções financeiras pelo morador como a renovação de mantimentos básicos de limpeza, que neste caso é controlada em tempo real visto que há uma integração entre os sistemas da unidade habitacional e a distribuição desses recursos, o que configura um ambiente simultaneamente personalizado e interativo ('Fifteen Million Merits', Black Mirror: Season 1, 2011).

É possível observar a busca por um funcionamento personalizável de habitação também no episódio "Natal Branco" no qual é mostrada uma empresa detentora de uma tecnologia capaz de duplicar e extrair uma cópia da consciência de seus clientes e armazená-la em um dispositivo denominado *cookie*[26] (figura 54). Após esse processo, é possível estabelecer-se uma comunicação com essa inteligência armazenada e

[26] Do inglês: biscoito

Generated by Foxit PDF Creator @ Foxit Software
http://www.foxitsoftware.com For evaluation only.

utilizá-la, entre outros propósitos, para controlar diversas funções da casa do cliente (figura 53), como iluminação, preparo de alimentos, alarmes, música ambiente, entre outros, da maneira que este gostaria, já que o programa controlador consiste em uma cópia exata da personalidade de morador, com suas informações e gostos pessoais particulares ('White Christmas', Black Mirror: Christmas Special Episode, 2014).



Figura 53 - Cenas mostrando paredes interativas. Fonte: Episódio "Fifteen Million Marits", Black Mirror: Season 1



Figura 54 - Cenas mostrando duplicação da consciência e armazenamento no 'cookie'. Fonte: Episódio "Whte Christmas", Black Mirror: Christmas Special Episode



Figura 55 - Cenas mostrando a comunicação e a execução de tarefas pelo 'cookie'. Fonte: Episódio "White Christmas", Black Mirror: Christmas Special Episode

A principal diferença identificada nas obras ficcionais recentes citadas é que, enquanto a primeira se baseia em dispositivos já existentes para compor um cenário de um futuro próximo possível, a segunda, utilizando-se de influências atuais, cria possibilidades tecnológicas para construir diferentes cenários futuros especulativos e, às vezes, utópicos. Entende-se que, apesar de se aproximarem mais do conceito de

Generated by Foxit PDF Creator @ Foxit Software
http://www.foxitsoftware.com For evaluation only.

domótica do que da arquitetura performativa e da arquitetura cinética, as soluções arquitetônicas estudadas respondem, ainda que ficcionalmente, aos princípios da personalização em massa, que atualmente configura-se como uma tendência crescente na sociedade pós revolução digital.

4.4. Análises Ambientais

Entre as condicionantes ambientais analisadas para o terreno escolhido, podemos destacar alguns dados climáticos que, por estarem diretamente relacionados aos níveis de desempenho buscados na arquitetura performativa, serão relevantes na concepção arquitetônica do edifício proposto, principalmente no que diz respeito ao modo de disposição das unidades habitacionais na torre e aos elementos de adequação ambiental presentes nas fachadas que, neste caso, utilizarão dispositivos de automação para se adaptar a diferentes situações. Desse modo, foram coletados a partir dos arquivos climáticos INMET 2016 (Instituto Nacional de Meteorologia) os dados de temperatura e radiação de Uberlândia ao longo dos meses. O gráfico apresentado na figura 56 mostra os dados de temperatura para cada mês, bem como o intervalo que compreende a zona de conforto para a zona bioclimática em que Uberlândia se insere. Percebe-se assim que, apesar de as temperaturas médias mensais estarem dentro dos valores ideais durante quase todo o ano, os valores máximos extrapolam a zona de conforto em alguns períodos e as temperaturas mínimas verificadas se encontram sempre abaixo dos valores mínimos desejados (LABEEE, 2016).

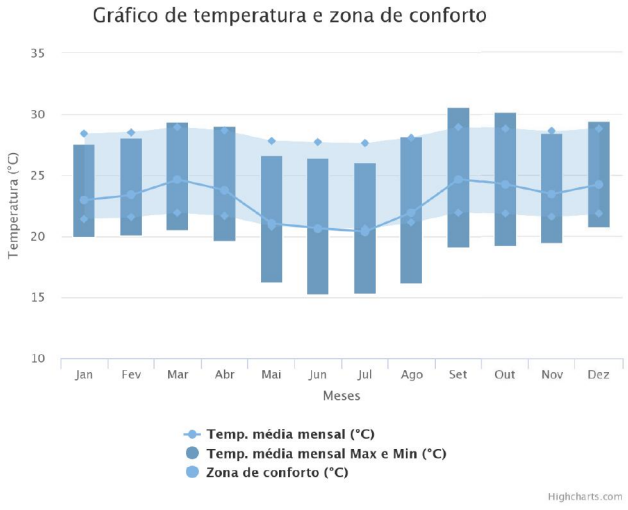


Figura 56 – Valores de temperaturas de Uberlândia. Fonte: http://projeteee.mma.gov.br/

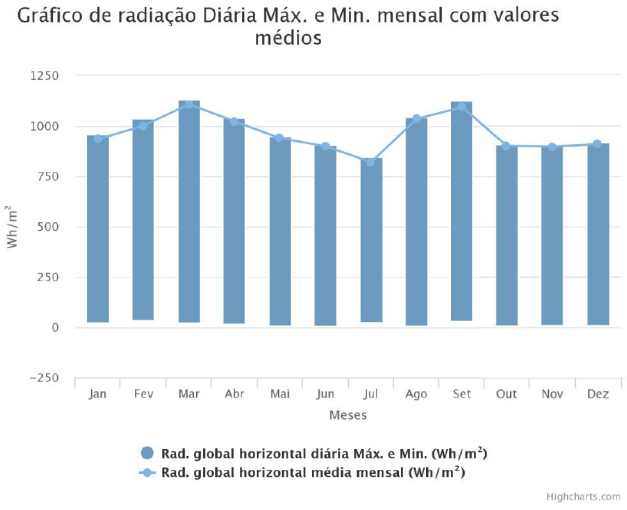


Figura 57 – Valores de radiação de Uberlândia. Fonte: http://projeteee.mma.gov.br/

Na figura 57, é disposto o gráfico com os níveis de radiação médios, máximos e mínimos registrados para cada mês. Estes valores são determinados, principalmente pela localização da cidade de Uberlândia na latitude 18,9° Sul, a qual influencia no percurso do sol durante o dia e, consequente, na incidência de radiação solar nos edifícios.

Generated by Foxit PDF Creator @ Foxit Software
http://www.foxitsoftware.com For evaluation only.

Por meio da utilização dos softwares computacionais paramétricos *Rhinoceros* e *Grasshopper* (*McNeel, Inc.*) foram realizados estudos baseados nos dados climáticos de Uberlândia que permitiram simular, a partir dos modelos tridimensionais da área escolhida para a implantação do edifício habitacional, a trajetória solar na abóboda celeste durante o ano com sua correta orientação em relação ao terreno e seu entorno (figuras 58 e 59). Além disso, é possível observar, para cada posição do sol, registradas a cada hora, os dados de temperatura de bulbo seco e de umidade relativa conforme a legenda.

Identificou-se, assim, que a insolação direta no período da tarde atinge com maior intensidade a fachada noroeste e menor frequência a fachada sudoeste. A precisão das informações apresentados pelo Grasshopper (McNeel, Inc.) permitiu, dentre uma gama de outras simulações possíveis, representar as dife-

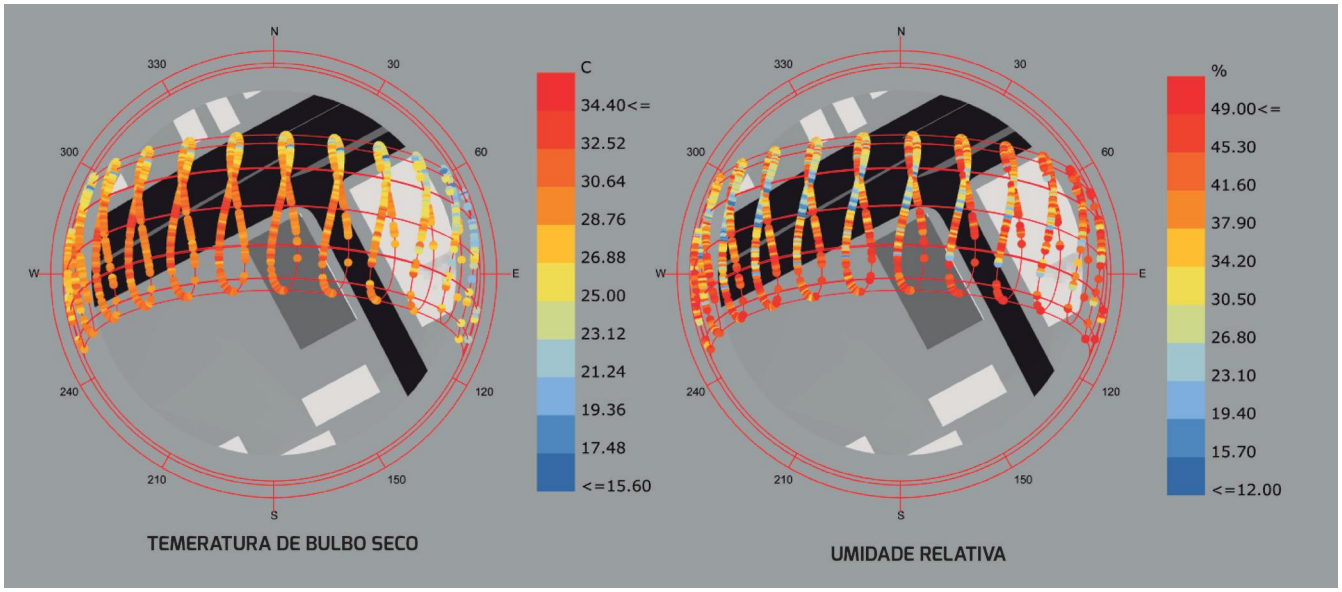


Figura 58 – Diagrama da trajetória solar com dados de temperatura e umidade por hora. Fonte: Autor

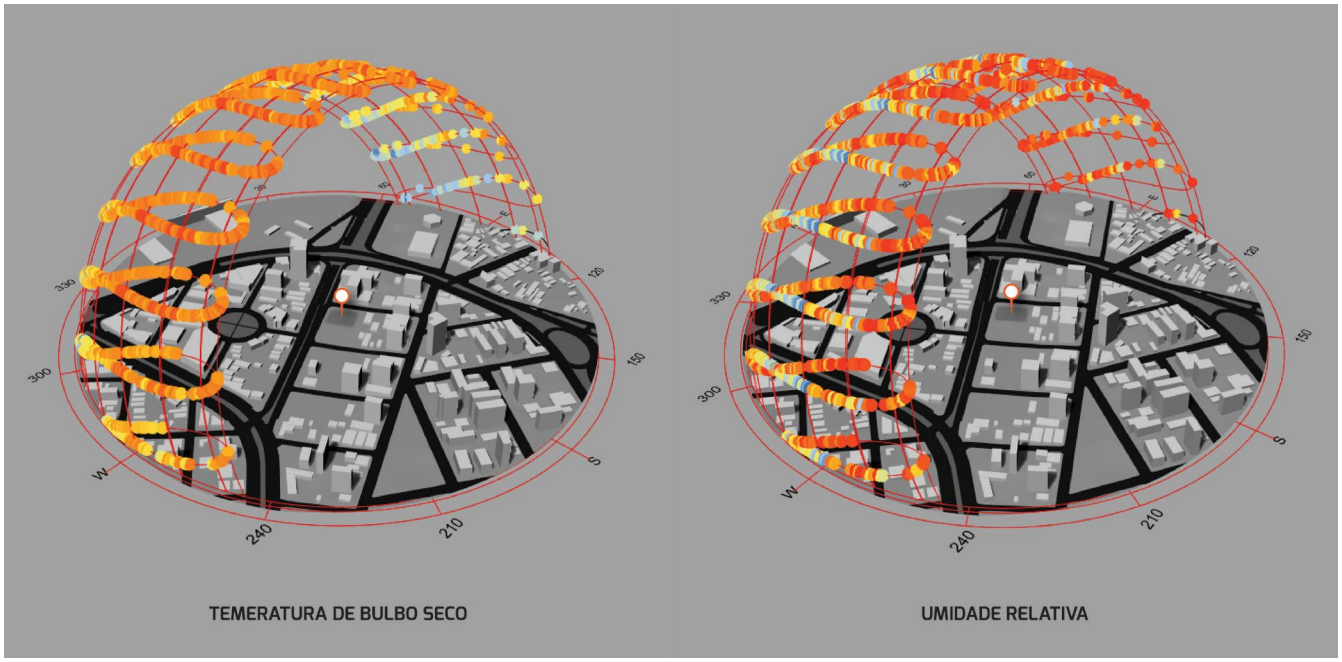


Figura 59 – Modelo tridimensional com simulação das trajetórias solares ao longo do ano. Fonte: Autor

Generated by Foxit PDF Creator @ Foxit Software
http://www.foxitsoftware.com For evaluation only.

rentes angulações da incidência de raios solares na edificação ao longo do dia e do ano, como é possível ver na figura 60, o que possibilitará, com o aprimoramento dessas análises, um melhor dimensionamento e modelagem dos elementos de proteção solar dinâmicos para as fachadas com suas eventuais variações para que realizem o sombreamento dos ambientes internos de maneira eficiente frente às condições climáticas observadas, bem como promovam a correta ventilação aproveitando-se os ventos que predominam na direção nordeste durante o dia e leste durante a noite.

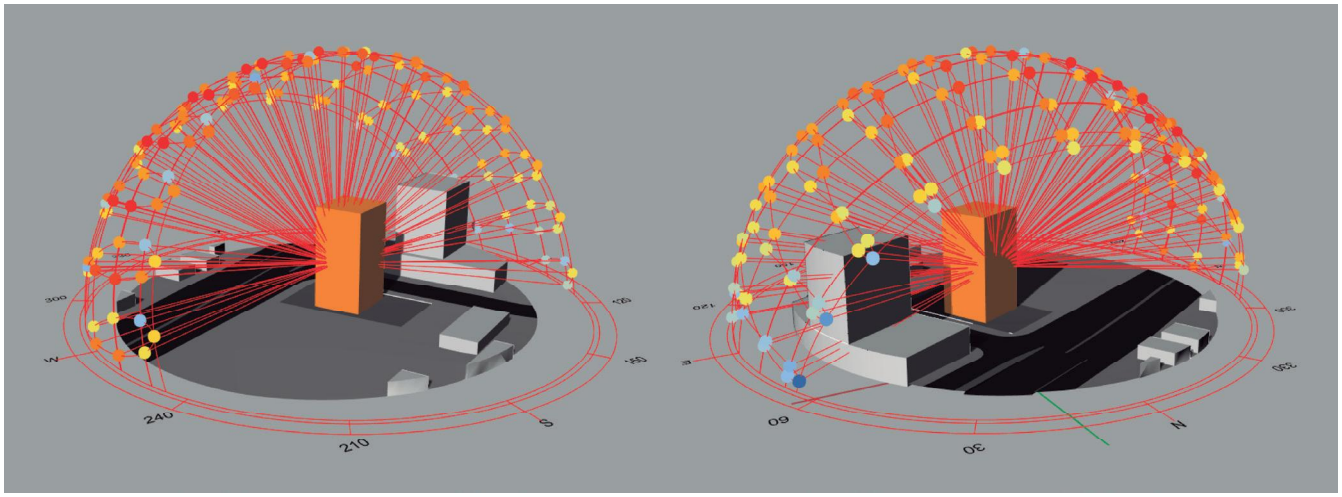


Figura 60 – Simulação da incidência solar ao longo do ano no edifício. Fonte: Autor

4.5. A automação como resposta à sociedade digital

Entre as tendências tecnológicas discutidas atualmente, a "internet das coisas", mais conhecida como *IoT*[27], influenciará cada vez mais o campo da arquitetura pois está fortemente vinculada à forma como os produtos e os espaços serão projetados para que se integrem às redes de dados. Apesar de hoje em dia estar presente geralmente apenas em *smartphones*[28], *smartwatches*[29] e alguns sistemas de domótica predial, essa tecnologia compreende a integração de vários tipos de equipamentos como eletrodomésticos, mobiliários e automóveis à internet para que a utilização dos mesmos se torne mais dinâmica e eficiente a ponto de poderem ser controlados remotamente ou de maneira automática. A plataforma "Arduino" (figura 61), criada em 2005 na Itália, é um exemplo de recurso que facilita o desenvolvimento e a prototipagem de sistemas de automação pois consiste em uma placa controladora de fácil uso e baixo custo composta por suportes para sensores (inputs) e atuadores (outputs) que podem ser programados para executar inúmeras funções possíveis (BROWNLEE, 2015).

Desse modo, entende-se que a integração dos sistemas tecnológicos na arquitetura tem a capacidade de responder às demandas de seus usuários de diversas maneiras. As respostas produzidas pelos dis-

[27] Sigla para Internet of Things. Do inglês: internet das coisas

[28] Do inglês: telefone inteligente

[29] Do inglês: relógio inteligente

Generated by Foxit PDF Creator @ Foxit Software
http://www.foxitsoftware.com For evaluation only.

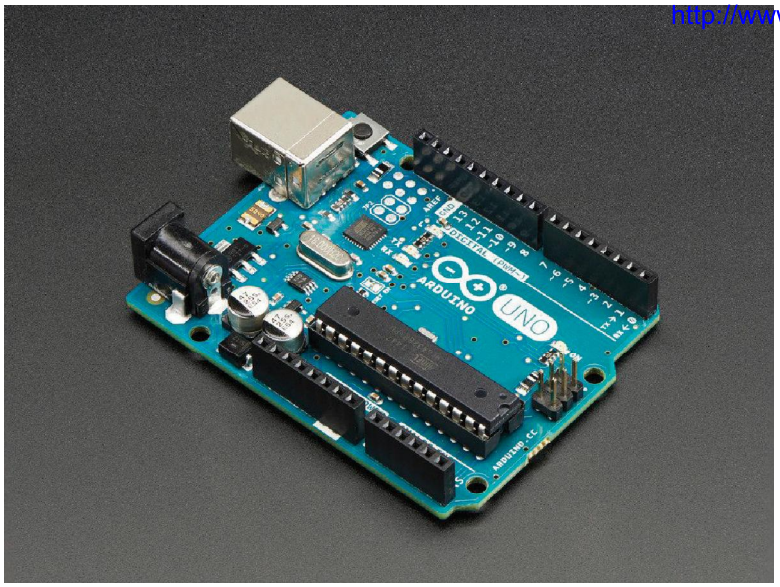


Figura 61 – Placa controladora Arduino "Uno".
Fonte: https://www.adafruit.com/

positivos de automação podem ser categorizadas em três tipos: 1 - reação, quando uma ação é realizada a partir de um acionamento simples, seja ele manual ou por sensores; 2 - interação, quando o sistema é capaz de gerar diferentes ações a partir da leitura contínua dos dados do ambiente, ou seja, o sistema possui um algoritmo que responde às variações das informações captadas pelos sensores; 3 - inteligência, quando o centro de controle, além de reagir às variações no ambiente, aprende com base nas experiências, otimizando, cada vez mais, suas funções de acordo com as necessidades para as quais foram projetadas (MOREIRA, 2013).

Portanto, percebe-se que, para a implementação efetiva das tecnologias de automação no cotidiano da sociedade, se inserindo também na arquitetura, é necessário que haja uma convergência entre diversas áreas de atuação que envolvem os métodos produtivos, como designers, engenheiros, profissionais da computação e arquitetos a fim de que se promova a real integração dos sistemas, que é fundamental para que os dispositivos automatizados gerem melhores resultados aos usuários.

CHIP: Conjunto Habitacional Inteligente Personalizável

Como possibilidade de aplicação dos conceitos de automação e adaptatividade na arquitetura, o projeto arquitetônico a ser desenvolvido também abarcará os conceitos de habitação mínima e de coabitação (figura 62), visto que o primeiro condiz com a falta de espaço e a necessidade de adensamento das grandes cidades contemporâneas, e o segundo consiste em uma alternativa às desvantagens do primeiro, já que fomenta as relações interpessoais entre os moradores promovendo espaços amplos para uso coletivo e mantendo usos privativos isolados. Assim, o edifício em questão atenderá uma grande quantidade de moradores em uma pequena área sem que a qualidade espacial seja comprometida pois, mesmo comportando unidades habitacionais mínimas, as mesmas serão adaptáveis às necessidades próprias de cada usuário, incluindo aqueles com mobilidade reduzida como idosos e deficientes físicos, e das condições ambientais que as cercam, utilizando a automação inteligente.

Generated by Foxit PDF Creator @ Foxit Software
http://www.foxitsoftware.com For evaluation only.

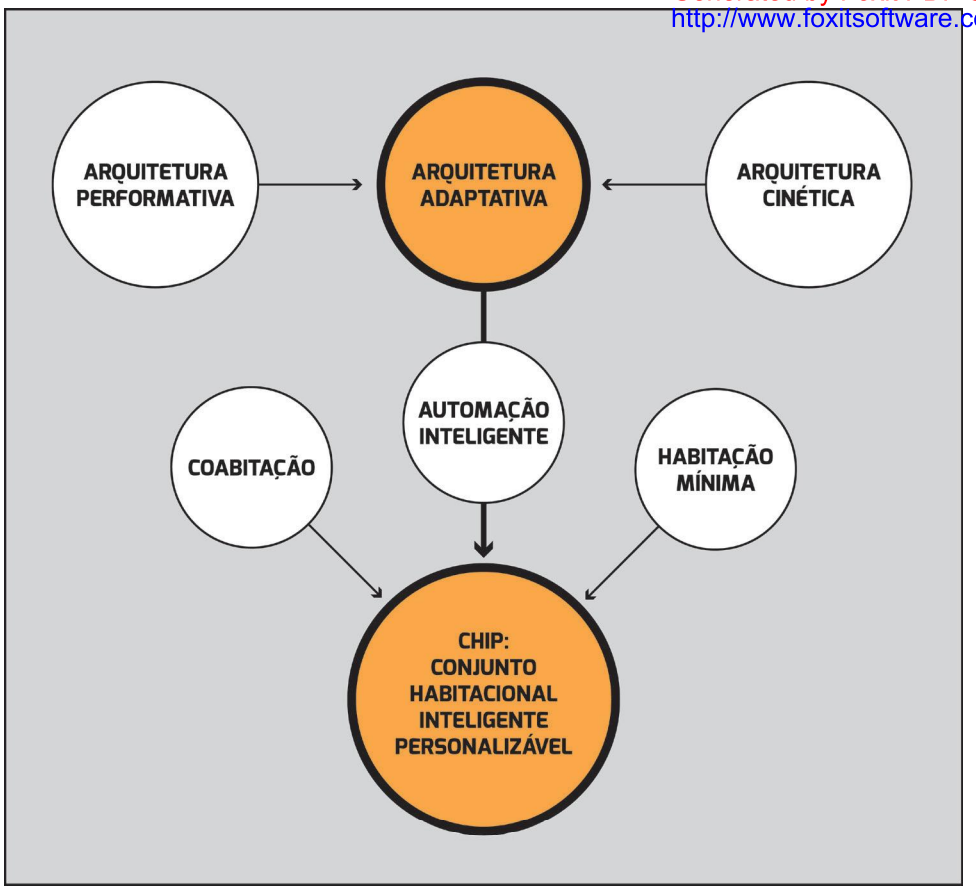


Figura 62 – Diagrama conceitual. Fonte: Autor

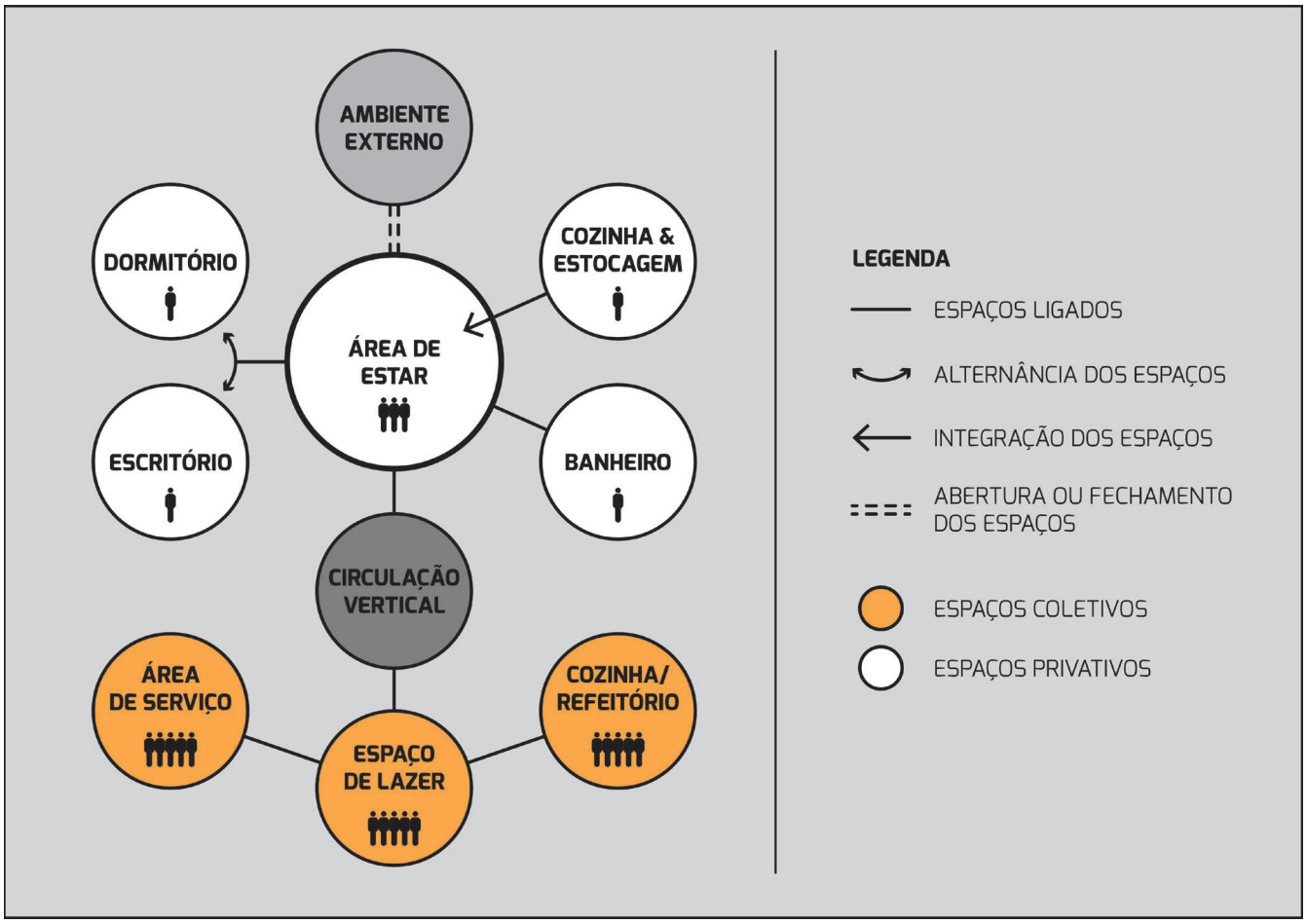


Figura 63 – Diagrama de usos e conexões. Fonte: Autor

Generated by Foxit PDF Creator @ Foxit Software
http://www.foxitsoftware.com For evaluation only.

Dessa maneira, as unidades habitacionais que comportarão moradores individuais começaram a ser pensadas estruturando-se basicamente a partir de uma área principal de estar. A partir desse ambiente central foram adicionados alguns espaços periféricos de usos essenciais que devem estar presentes, mesmo em uma habitação mínima: dormitório, banheiro, cozinha e estocagem. A partir dessa disposição, a articulação dos espaços foi pensada de maneira diferente para cada caso levando em consideração a hierarquia de necessidade dos mesmos e as relações que estes podem estabelecer entre si. Percebe-se que algumas ações como dormir e descansar, em muitos casos demandam um espaço fixo próprio mesmo que durante a maior parte do dia não estejam sendo executadas e que, embora a cozinha comporte equipamentos úteis, a maior parte da sua área é inutilizada quando não está integrada a outros espaços. No diagrama de usos (figura 63) é possível observar as diferentes relações imaginadas para os ambientes privativos e também os usos coletivos que acontecerão em espaços amplos atendendo todos os moradores do edifício.

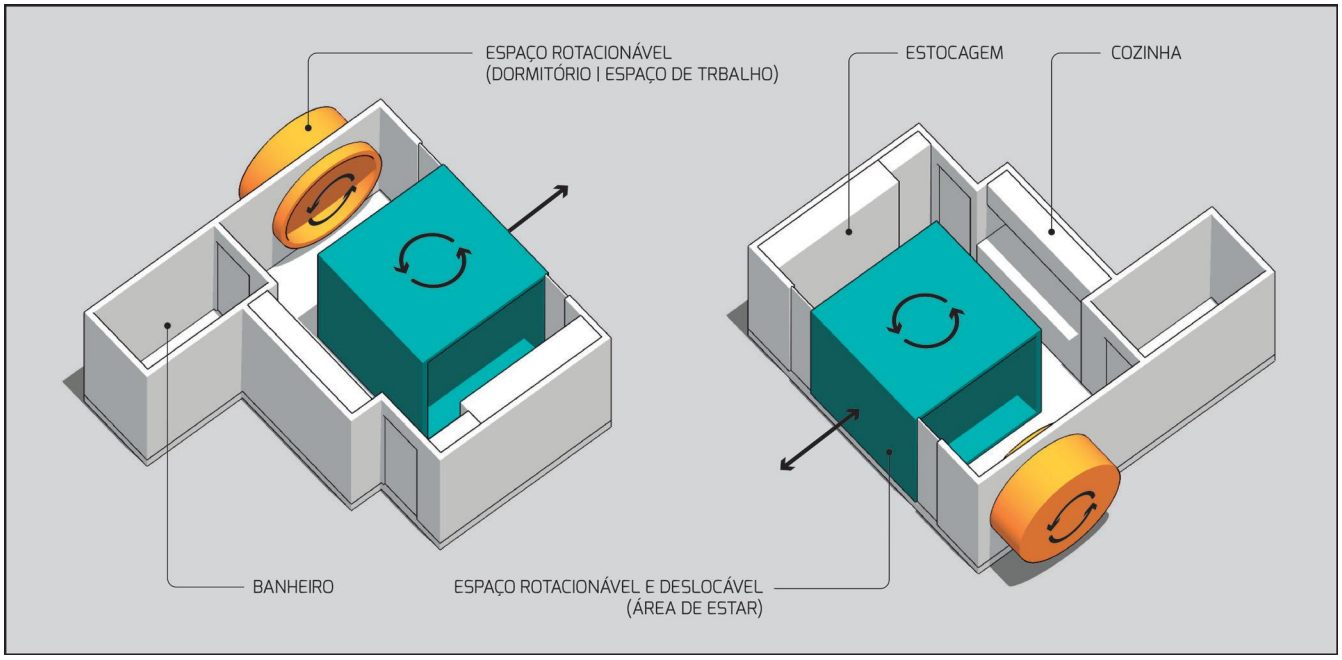


Figura 64 - Esquema da unidade habitacional. Fonte: Autor

Na elaboração das unidades habitacionais foram propostos, portanto, elementos cinéticos (figura 64) que, por meio do uso da automação inteligente, tornam os espaços reconfiguráveis tanto para modificar os usos internos, quanto para se adequar às condições de conforto térmico e lumínico desejadas. O espaço aéreo, geralmente inutilizado nas habitações convencionais, foi aproveitado no módulo rotacionável que comporta os usos de dormitório e de trabalho simultaneamente, para que sejam alternados conforme a necessidade do usuário. Por meio de um bloco deslocável e rotacionável, o ambiente interno pode ser modificado também de diversas formas para que se torne compartimentado, integrado, expandido, compactado, aberto ou fechado (figura 65), o que reflete uma característica do conceito de "*calm technology*[30]", na qual a totalidade do funcionamento de uma tecnologia não requer a atenção do usuário o tempo todo, somente o que for necessário e quando solicitado. O caráter dinâmico desse elemento funciona ainda como ferramen-

[31] Do inglês: tecnologia calma

Generated by Foxit PDF Creator @ Foxit Software
http://www.foxitsoftware.com For evaluation only.

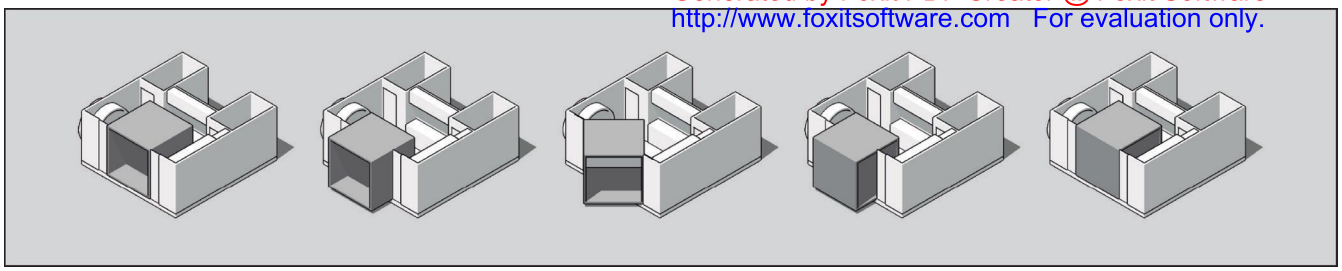


Figura 65 - Possibilidades de configurações dos espaços. Fonte: Autor

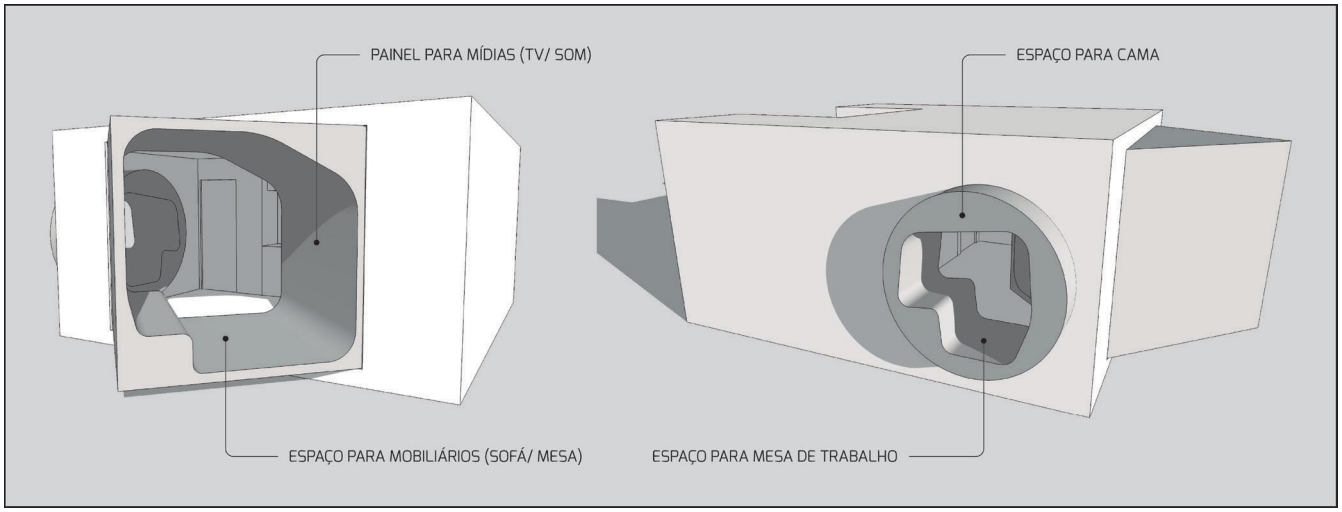


Figura 66 – Opção de desenho dos mobiliários fixos. Fonte: Autor

ta de proteção solar na medida que a angulação em que este é disposto pode ser alterada de acordo com a variação da entrada de insolação direta no interior da edificação que é captada por sensores em tempo real.

Além disso, entende-se que os componentes dinâmicos da habitação, para que promovam um alto nível de flexibilidade e personalização, devem ser facilmente substituíveis, podendo ser modelados e fabricados de acordo com as necessidades de cada usuário. Os módulos, dessa maneira, seriam projetados para serem constituídos por mobiliários fixos e equipamentos eletrônicos integrados (figura 66), de modo que se obtenham diversas possibilidades estéticas e espaciais e que se busque a melhor utilização possível para os mesmos. Para um cenário ideal, propõe-se que o sistema de automação da unidade habitacional realize a integração das estruturas cinéticas já mencionadas aos sistemas de iluminação artificial, internet e multimídias do apartamento, vinculados também a uma rede variada de sensores (iluminação, calor, umidade, presença, som) a fim de que possa se alcançar um desempenho inteligente das funções realizadas pelo centro de controle.

Como foi observado, as unidades habitacionais individuais propostas, com área estimada de 24 metros quadrados, não comportarão todo o programa de necessidades para atender aos moradores. Para tanto, o andar térreo abrigará tanto espaços de convivência e lazer, quanto áreas de serviço como lavanderia, refeitório e cozinha coletivos para que se incentive o sentimento de comunidade e se promova a interação entre os moradores do conjunto habitacional, que compreenderá uma torre (figura 67) com onze andares, sendo dez pavimentos habitacionais com quatro unidades cada, totalizando quarenta moradores.

Generated by Foxit PDF Creator @ Foxit Software
http://www.foxitsoftware.com For evaluation only.

Esta forma de implantação e distribuição de espaços tem como objetivo promover qualidade habitacional, mesmo a partir de uma estratégia de adensamento, pela qual uma grande quantidade de pessoas é atendida em uma pequena área. Percebe-se, pela figura 68, que a verticalização do edifício, mesmo se tratando da repetição de unidades habitacionais, gera uma volumetria e resultado plástico altamente diferenciados e dinâmicos, já que a composição formada na fachada pelas diferentes configurações dos apartamentos reflete o caráter personalizável e individual destes em relação às variáveis ambientais e humanas.

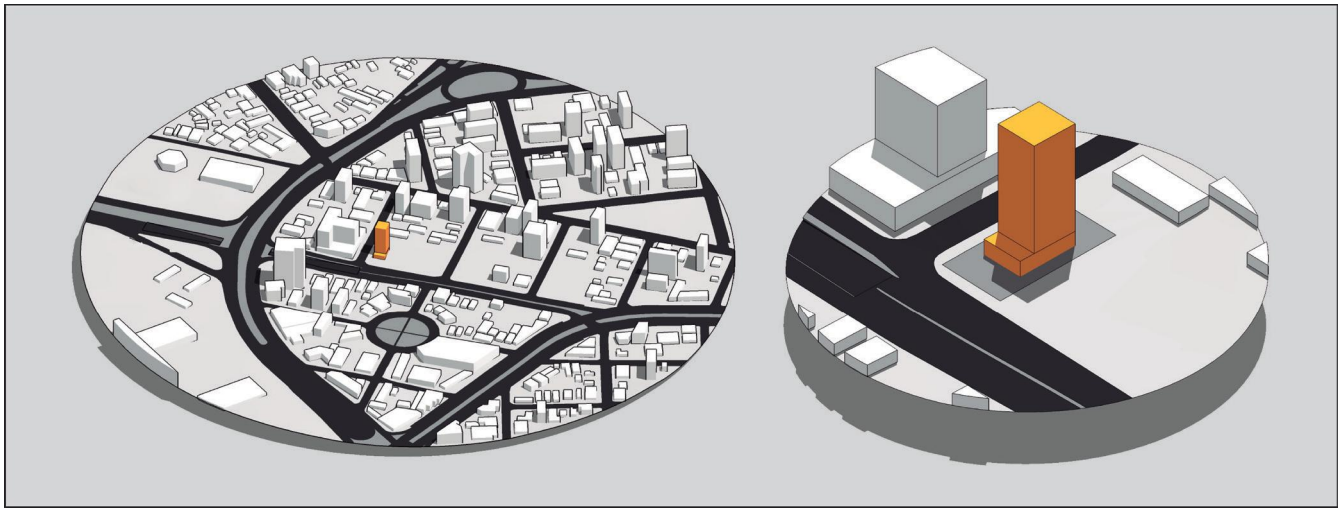


Figura 67 – Inserção da torre no contexto urbano. Fonte: Autor

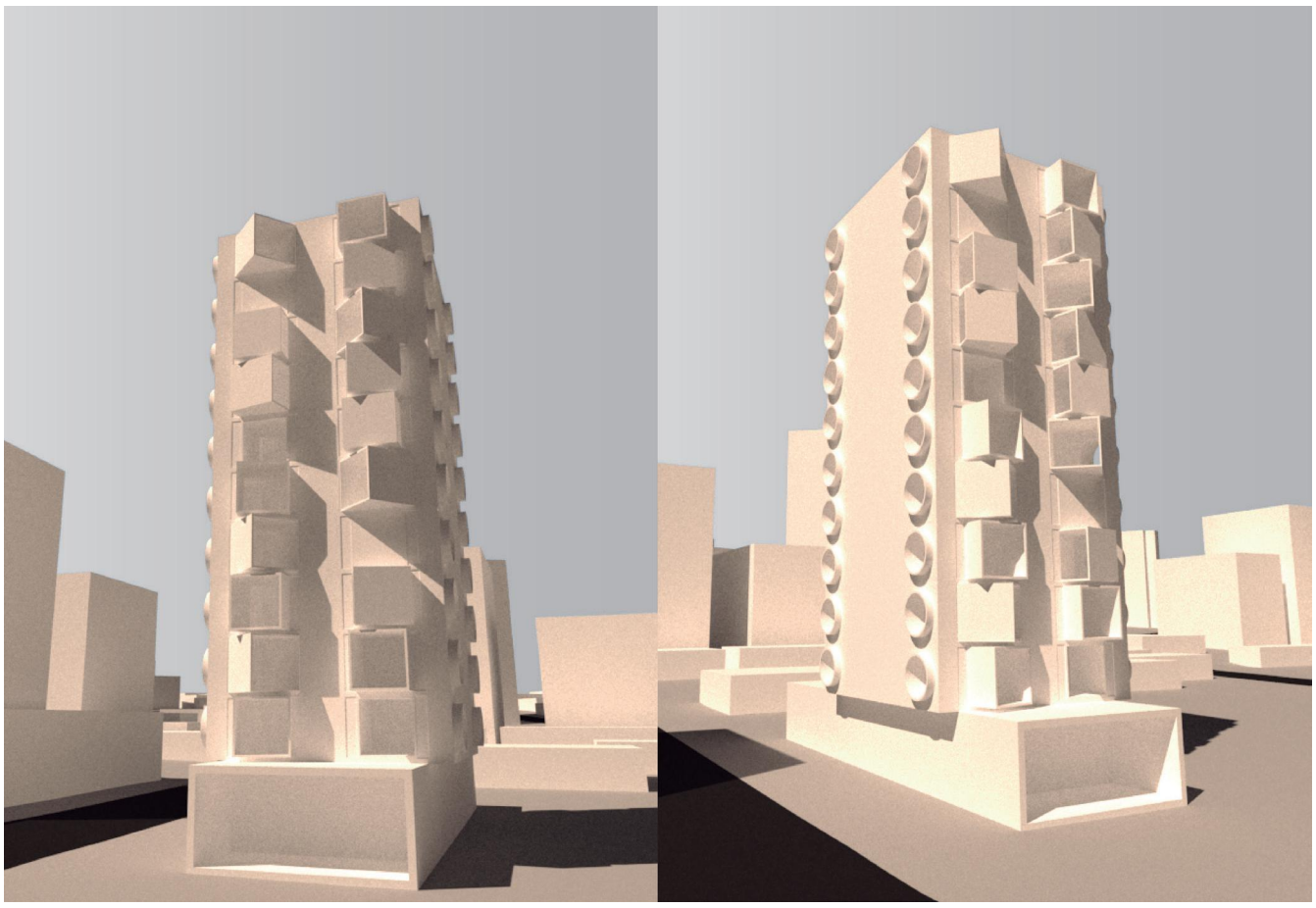


Figura 68 – Resultado volumétrico nas fachadas. Fonte: Autor

Generated by Foxit PDF Creator @ Foxit Software
http://www.foxitsoftware.com For evaluation only.

5 - CONSIDERAÇÕES FINAIS

A arquitetura, ao longo de toda a história, buscou atender às necessidades do ser humano, estando as mesmas em constante processo trasformação. Entende-se, desse modo, que, em cada período histórico, as diferentes soluções formais, espaciais e funcionais propostas pelos arquitetos refletem tanto as possibilidades tecnológicas quanto as características culturais da sociedade e do tempo em que estão inseridas. O movimento moderno na arquitetura e no urbanismo cuidou de atender às demendas próprias da época em que se desenvolveu, ou seja, representou, no início do século XX, a resposta ideal à economia industrial e aos métodos de produção em massa, o que conferiu ao movimento um respaldo positivo na época, principalmente ao se tratar da produção habitacional.

Com o surgimento dos computadores na segunda metade do século XX, vários paradigmas sociais começaram a ser alterados graças às possibilidades que o mesmo trouxe ao auxiliar o homem em diversos problemas antes não solucionados. Por meio das novas tecnologias desenvolvidas e popularizadas após a revolução digital nos anos 2000, a arquitetura contemporânea tem a capacidade, portanto, de responder às características próprias da sociedade atual, em que é perceptível a tendência de individualização de bens e serviços pela personalização em massa, na qual os produtos necessitam de ser produzidos de forma personalizada e em larga escala. Uma das maneiras de se alcançar esse nível de flexibilidade produtiva na arquitetura é por meio do uso da automação já que, essa tecnologia permite conferir aos edifícios uma rápida capacidade de resposta às necessidades de seus usuários e às variações do ambiente, tornando-o, assim, adaptável. Contudo, é observado que, para que os dispositivos de automação atuem de forma eficiente junto à arquitetura, é necessário que haja uma integração dos sistemas tecnológicos que compõem o edifício, pela qual várias áreas do conhecimento devem convergir e trabalhar juntas para produzir edifícios realmente funcionais, onde a tecnologia, como mais do que um mero acessório, realiza a intermediação entre o ser humano e o edifício a fim de que suas atividades sejam otimizadas.

Dessa maneira, na próxima etapa deste trabalho, pretende-se aprofundar nos conceitos estudados e suas aplicações práticas para que sejam levantadas e desenvolvidas soluções projetuais que componham um anteprojeto para o edifício habitacional proposto. Para tanto, serão utilizados métodos de investigação e experimentação como a utilização da plataforma arduino vinculada a modelos físicos fabricados digitalmente, como meio de estudar as possibilidades arquitetônicas pela prototipagem não apenas dos elementos formais e espaciais, mas também dos componentes dinâmicos que farão parte do edifício.

Generated by Foxit PDF Creator @ Foxit Software
http://www.foxitsoftware.com For evaluation only.

ABNT. **NBR 15575:** Edificações Habitacionais - Desempenho. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2013.

ABNT. **NBR 9050:** Acessibilidade a edifcações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos. 3ª. ed. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2015.

AFONSO, A. As visões futuristas no cinema: a morfologia da cidade futura nos filmes de ficção científica. **Arq.urb**, São Paulo, n.11, 1º Sem. 2014. p.166-191.

ALENCAR, A. T. S. D. Peter Eisenman e o desconstrutivismo. **V ENCONTRO DE HISTÓRIA DA ARTE - IFHC/ UNICAMP**, Campinas, 2009. p.112-120.

Back to the Future: Part II. Direção: Robert Zemeckis. [S.l.]: Universal Pictures. 1989.

BENEVOLO, L. **História da arquitetura moderna**. 3ª. ed. São Paulo: Perspectiva, 2001.

BOELENS, L. Towards an uncompromised urbanism. In: SCHOONDERBEEK, M. **25 years of critical reflection on architecture**. Rotterdam: NAi Publishers, 2008. Cap. 1, p. 59-77.

BROWNLEE, J. 25 Ideas Shaping The Future Of Design. **Co.Design**, 2015. Disponivel em: <https://www.fastcodesign.com/3043624/25-ideas-shaping-the-future-of-design>. Acesso em: 27 nov. 2017.

CABRAL, C. P. C. Uma fábula da técnica na cultura do Estado do bem estar: Grupo Archigram, 1961-1974. **Cadernos de Arquitetura e Urbanismo**, Belo Horizonte, n.12, Dez. 2004. p.247-263.

CALIXTO, V.; VINCENT, C. C. Arquitetura algoritmica: processos e ferramentas. **SIGraDi - XVII Congresso de la Sociedade Iberoamericana de Gráfica Digital**, Valparaiso, 2013. p.362-365.

CHIAVENATO, I. **Princípios da administração**. 2ª. ed. Barueri: Manole, 2013.

CILENTO, K. Al Bahar Towers Responsive Facade / Aedas. **Archidaily**, 2012. Disponivel em: <https://www.archdaily.com/270592/al-bahar-towers-responsive-facade-aedas>. Acesso em: 12 nov. 2017.

DA SILVEIRA, G. Mass customization: Literature review and research directions. **International Journal of Production Economics**, Aalborg, vol. 72 2001. p.1-13.

DEL VALLE, C. S. Adaptive Kinetic Architecture: A Portal To Digital. **ACADIA05: Smart Architecture**, Savannah, 2005. p. 128-140.

DINCER, A. E. A digital tool for customized mass housing design. **32nd eCAADe Conference**, Newcastle, 2014. p.201-211.

DYE, W. Mass Customization in Architecture: Heterogenety in the making. **92nd ACSA Annual Meeting**, Miami, Mar. 2004. p.215-229.

Generated by Foxit PDF Creator @ Foxit Software
http://www.foxitsoftware.com For evaluation only.

ENGEL, H.; HEER, J. D. Cityscape and mass housing. In: SCHOONDERBEER, M. **25 years of critical reflection on architecture**. Rotterdam: NAi Publishers, 2008. Cap. 1, p. 33-58.

Ex Machina. Direção: Alex Garland. [S.l.]: DNA Films. 2015.

'Fifteen Million Merits', Black Mirror: Season 1. Direção: Euros Lyn. [S.l.]: Channel 4. 2011.

FRAMPTON, K. **História crítica da arquitetura moderna**. 2ª. ed. São Paulo: Martins Fontes, 2008.

JONES, D. **Tudo sobre arquitetura**. Rio de Janeiro: Sextante, 2015.

KAWAZOE, N. **Metabolism**: the proposals for a new urbanism. Tóquio: Bitjutu Syuppan Sha, 1960.

KOLAREVIC, B.; MALKAWI , A. **Performative architecture:** beyond instrumentality. Abingdon-on-Thames: Routledge, 2005.

KOOLHAS, R.; OBRIST, U. **Project Japan:** metabolism talks. Colônia: Taschen, 2011.

LABEEE. Dados Climáticos. **Projeteee – Projetando Edificações Energeticamente Eficientes**, 2016. Disponivel em: <http://projeteee.mma.gov.br/dados-climaticos/>. Acesso em: 27 nov. 2017.

LE CORBUSIER. **A carta de Atenas**. São Paulo: EDUSP, 1993.

LE CORBUSIER. **Por uma arquitetura**. 7ª. ed. São Paulo: Perspectiva, 2014.

LIMA, D. L. C. **Arquitetura e sistemas**: arquitetura performativa como exemplo de aplicação. Campinas: Unicamp, 2015.

LYNCH, K. **A Imagem da Cidade**. São Paulo: Martins Fontes, 2006.

MATTOS, S. **A revolução digital e os desafios da comunicação**. Cruz das Almas: UFRB, 2013.

MOREIRA, R. A. S. **Novas possibilidades na arquitetura:** reacção, interação e inteligência. Porto: Universidade do Porto, 2013.

NETO, A. S. **Invenções de arquitetura:** uma análise de Instant city e Éden como propostas experimentais arquitetônicas. Uberlândia: UFU, 2015.

OLIVEIRA, F. L. D. Do metabolismo: cidades do futuro para nosso mundo contemporâneo. **Risco**, São Carlos, n. 14, 2º Sem. 2011. p.72-76.

RANDL, C. **Revolving Architecture:** A History of Buildings that Rotate, Swivel, and Pivot. Nova Iorque: Princeton Architectural Press, 2008.

ROCKENBACH, S. **Arquitetura, automação e sustentabilidade**. Porto Alegre: UFRGS, 2004.

SADLER, S. **Archigram:** architecture without architecture. Cambridge: MIT Press, 2005.

Generated by Foxit PDF Creator @ Foxit Software
http://www.foxitsoftware.com For evaluation only.

SILVA, M. S. K. D. Redescobrindo a arquitetura do Archigram. **Arquitextos**, São Paulo, ano 04, n. 048.05, Vitruvius, Maio 2004. Disponivel em: <http://www.vitruvius.com.br/revistas/read/arquitextos/04.048/585>. Acesso em: 25 nov. 2017.

TAGHABONI, A. Sharifi-Ha House. **Next Office:** Studio of Architectural Research and Design, 2013. Disponivel em: <nextoffice.ir/#!/project/sharifi-ha-house/>. Acesso em: 12 nov. 2017.

TARDIVO, J. A. Análise do movimento metabolista japonês - Objeto de estudo da Torre Cápsula, do arquiteto Kurokawa. **Caderno de pós-graduação em arquitetura e urbanismo**, São Paulo, 2º Sem. 2012. p.143-163.

TEIXEIRA, M. C. **Arquiteturas móveis:** Estudo sobre o interior de aeronaves executivas. São Paulo: Senac, 2017.

TERZIDIS, K. **Algorithmic architecture**. Oxford: Elsevier, 2006.

VON NEUMANN, J. **O computador e o cérebro**. Lisboa: Relógio D'Água, 2005.

'White Christmas', Black Mirror: Christmas Special Episode. Direção: Carl Tibbetts. [S.l.]: Channel 4. 2014.

Generated by Foxit PDF Creator @ Foxit Software
http://www.foxitsoftware.com For evaluation only.



UBERLÂNDIA - MG
2018