

**CENTRO UNIVERSITÁRIO DE FORMIGA – UNIFOR-MG**  
**CURSO DE BACHARELADO EM ENGENHARIA CIVIL**  
**LAÍSA TAYLA CAMARGOS**

**APLICAÇÃO DA COORDENAÇÃO MODULAR NA ALVENARIA CONVENCIONAL**  
**VOLTADA PARA HABITAÇÕES DE INTERESSE SOCIAL**

**FORMIGA – MG**

**2018**

LAÍSA TAYLA CAMARGOS

**APLICAÇÃO DA COORDENAÇÃO MODULAR NA ALVENARIA CONVENCIONAL  
VOLTADA PARA HABITAÇÕES DE INTERESSE SOCIAL**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Curso de Engenharia Civil do UNIFOR-MG, como requisito para a obtenção do título de bacharel em Engenharia Civil.

Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Esp. Mariana Del Hoyo Sornas.

FORMIGA – MG

2018

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)  
Biblioteca UNIFOR-MG

C172 Camargos, Laísa Tayla.  
Aplicação da coordenação modular na alvenaria convencional voltada  
para habitações de interesse social / Laísa Tayla Camargos. – 2018.  
60 f.

Orientadora: Mariana Del Hoyo Sornas.  
Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) –  
Centro Universitário de Formiga - UNIFOR, Formiga, 2018.

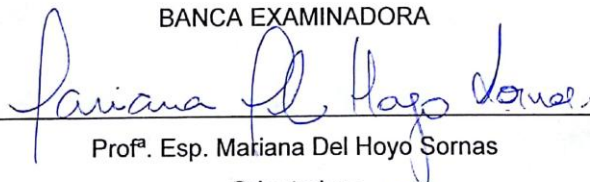
Catalogação elaborada na fonte pela bibliotecária  
Regina Célia Reis Ribeiro – CRB 6-1362

Laísa Tayla Camargos

APLICAÇÃO DA COORDENAÇÃO MODULAR NA ALVENARIA CONVENCIONAL  
VOLTADA PARA HABITAÇÕES DE INTERESSE SOCIAL


Trabalho de conclusão de curso apresentado  
ao Curso de Engenharia Civil do UNIFOR,  
como requisito para a obtenção do título de  
bacharel em Engenharia Civil.

BANCA EXAMINADORA



Profª. Esp. Mariana Del Hoyo Sornas

Orientadora

  
Profª. Dra. Kátia Daniela Ribeiro

UNIFOR-MG

  
Fabio de Castro Rezende

UNIFOR-MG

Formiga, 31 de outubro de 2018

Dedico o presente trabalho a Deus, meu Espírito de Luz e aos Espíritos da área por me acompanharem por todos esses anos, guiando meus pensamentos e meu caminho acima de tudo. Por último, e não menos importante, aos meus pais por toda a dedicação e por sempre privilegiarem os meus estudos. Que sorte a minha tê-los escolhido como pais e ter sido escolhida por eles como filha!

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus, meu Espírito de Luz e Nossa Senhora de Fátima, por terem me dado saúde e força tanto para superar as dificuldades como também para comemorar as vitórias e alegrias.

A esta universidade, seu corpo docente, e demais funcionários, por não medirem esforços para tornar a instituição e seu ensino cada vez melhor.

Aos meus orientadores Prof<sup>a</sup>. Esp. Mariana Del Hoyo Sornas e Prof. M.e Cezar Augusto Silvino Figueredo pelo suporte no pouco tempo que lhe coube, pelas correções e incentivos.

Aos meus pais, pelo amor e apoio incondicional.

E a todos que direta ou indiretamente fizeram parte da minha formação, o meu muito obrigada!

*“Não há céu sem tempestade. Risos e lágrimas, sucessos e fracassos, aplausos e vaias fazem parte do currículo de cada ser humano, em especial daqueles que são apaixonados por produzir novas ideias.”*

Augusto Cury

## RESUMO

O presente estudo buscou a criação de um protótipo de habitação social para demonstrar a técnica de coordenação modular na prática e sua viabilidade no município de Formiga/MG e região. Sabe-se que no Brasil o processo da construção civil ainda é considerado artesanal devido ao alto índice de desperdício, baixa taxa de produtividade e falta de conectividade entre componentes. Para solucionar o déficit habitacional, é necessário que o país encontre soluções tecnológicas com alto grau de industrialização, tornando o processo sustentável. A implantação de sistemas modulares associado a um elevado grau de racionalização pode ser considerado como um processo industrializado. O uso da coordenação modular contribui para a integração de todo o processo construtivo, porém para que os benefícios da coordenação modular sejam alcançados, é necessário que todos os agentes envolvidos no processo a conheçam e a utilizem. No caso de habitações sociais, essa prática se torna mais interessante gerando economia de materiais, otimização do tempo e uma construção mais limpa e sustentável.

**Palavras-chave:** Sistemas modulares, Economia, Sustentabilidade.



## **ABSTRACT**

The present study sought to create a prototype of social housing to demonstrate the modular coordination technique in practice and its feasibility in the municipality of Formiga and region. It is known that in Brazil the civil construction process is still considered artisanal due to the high rate of waste, low productivity rate and lack of connectivity between components. To solve the housing deficit, it is necessary that the country find technological solutions with a high degree of industrialization, making the process sustainable. The implementation of modular systems associated with a high degree of rationalization can be considered as an industrialized process. The use of modular coordination contributes to the integration of the whole construction process, but for the benefits of modular coordination to be achieved, it is necessary for all agents involved in the process to know and use it. In the case of social housing this practice becomes more interesting generating material savings, optimization of time and a cleaner and sustainable construction.

**Keywords:** Modular systems, Economy, Sustainable.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Crítica bem-humorada feita pelo cartunista Sidney Harris sobre o gerenciamento de risco praticado em todo o mundo.....	17
Figura 2 - Exemplo de bloco com medidas nominais de fabricação.....	33
Figura 3 - Bloco com as medidas reais. ....	34
Figura 4 - Bloco com medidas de coordenação. ....	35
Figura 5 - Bloco com medidas modulares .....	35
Figura 6 - Desenho do projeto com medidas modulares.....	36
Figura 7 - Componentes + Espaços de coordenação. ....	36
Figura 8 - Croqui do Projeto Arquitetônico .....	38
Figura 9 - Bloco Cerâmico de 19x19x39cm.....	40
Figura 10 - Bloco Cerâmico de 19x19x19cm.....	41
Figura 11 - Bloco Cerâmico de 9x19x19cm.....	41
Figura 12 - Projeto Arquitetônico Modulado .....	43
Figura 13 - Vista externa frontal .....	44
Figura 14 - Vista externa lateral direita.....	45
Figura 15 - Vista externa do fundo .....	45
Figura 16 - Vista externa da lateral esquerda.....	46
Figura 17 - Projeto Estrutural tridimensional .....	46
Figura 18 - Medidas nominais da laje pré-fabricada.....	49
Figura 19 - Medidas modulares.....	51
Figura 20 - Medidas nominais .....	51
Figura 21 - Medidas Reais .....	52

## **LISTA DE QUADROS**

Quadro 1 - Especificações da NBR 15.575 para móveis e equipamentos-padrão....39

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Valores referentes aos cálculos das lajes efetuados no CypeCAD.....	47
Tabela 2 - Valores de quantitativo para a execução da estrutura calculada no CypeCAD .....	48
Tabela 3 - Dimensões padronizadas dos elementos de enchimento (medidas em centímetros) .....	49

## SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO .....	11
2 OBJETIVOS .....	13
2.1 Objetivo geral .....	13
2.2 Objetivos específicos .....	13
3 JUSTIFICATIVA .....	14
4 REFERENCIAL TEÓRICO .....	16
4.1 Sustentabilidade e desenvolvimento sustentável .....	16
4.1.1 Geração e gerenciamento de resíduos sólidos na construção civil .....	19
4.2 Coordenação modular .....	22
4.2.1 Normas de coordenação modular para edificações .....	25
4.3 Habitações de interesse social .....	28
5 METODOLOGIA .....	31
5.1 Materiais utilizados .....	32
5.2 Concepção do projeto arquitetônico e estrutural conforme a norma de coordenação modular .....	32
6 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	54
7 CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	56
REFERÊNCIAS .....	57

## 1 INTRODUÇÃO

A construção civil é uma das atividades humanas mais antigas. Desde os primórdios o homem busca inovar e aperfeiçoar as técnicas, melhorando as edificações e processos construtivos ao longo dos anos. Com esse crescimento acelerado da população e, conseqüentemente, da construção civil, os recursos antes considerados inesgotáveis e a preocupação com a degradação do meio ambiente, passam a se tornar um problema de caráter mundial. Segundo Mascaro (2010), no Brasil, cerca de 30% do material adquirido para a construção, ou seja, boa parte do dinheiro dos clientes junto com o material desperdiçado, vai parar em lixões.

Neste contexto surge a palavra sustentabilidade. Esta há muito tempo deixou de ser um termo completamente estranho para a sociedade em geral. Atualmente, está presente nos meios de comunicação, produtos em geral, enfim, se tornou responsabilidade mundial. Desde o surgimento dessa preocupação com o planeta e o esgotamento de recursos essenciais à vida, profissionais de diversas áreas vêm inovando produtos e a forma como são produzidos. Algumas dessas ideias já fazem parte do nosso cotidiano e tendem a crescer cada vez mais, porém algumas, embora muito eficazes na teoria, não obtiveram tanto sucesso ao sair do papel para a prática. Profissionais da construção civil e outros têm como dever criar técnicas e produtos que levam em conta a questão sustentável, e, principalmente, incentivar a sua utilização.

A Coordenação Modular ou Construção em Módulos possui um conceito de construção limpa que se encaixa perfeitamente neste momento que o mundo se encontra: trabalhar soluções de menor impacto ao meio ambiente, como também social e financeiro. Segundo a NBR 15873 (ABNT, 2010) que trata sobre a Coordenação Modular para edificações, o termo é definido como um método ou abordagem de projeto, com elementos construtivos dimensionados a partir de uma unidade de medida comum. Esta unidade, chamada de módulo, define as dimensões e proporções dos elementos, estabelecendo uma relação de dependência entre eles e o produto final, a edificação. A proposta da Coordenação Modular é contribuir para um desenvolvimento sustentável, ou seja, atender às

necessidades da geração atual sem comprometer as gerações futuras. Outra característica dessa prática é a produção em série, uma vez que, trabalhar em módulos, com medidas exatas e utilizando materiais fabricados em módulos potencializa o processo construtivo, tornando-o mais prático e facilmente executado. Embora na teoria a Construção em Módulos seja eficiente, viável e uma alternativa para redução de resíduos nas obras civis, infelizmente, ainda é uma realidade distante da prática diária em canteiros de obras e escritórios de arquitetura e engenharia.

A norma que rege a Coordenação Modular foi criada em dezembro de 1977 e posteriormente substituída pela NBR 15873 em setembro do ano de 2010, esta define os termos, valor do módulo básico e os princípios da coordenação modular para edificações. No entanto, a prática da mesma não é comum e devido às especificações dos materiais encontrados no mercado, esta se torna basicamente inviável.

A proposta de utilizar essa técnica de projeto e construção no Brasil, que é um dos países que mais constrói e, conseqüentemente, mais gera resíduos sólidos no mundo, é bastante promissora. Embora a crise financeira que vem desde o segundo semestre de 2008 até a atualidade tenha afetado o setor consideravelmente, o número, principalmente de habitações sociais cresce em ritmo acelerado.

As habitações de interesse social é outro impasse na realidade do país. Estas são construídas em escala e sem uma devida preocupação com a praticidade, conforto, usabilidade e preceitos de sustentabilidade. A Coordenação Modular se tornaria assim, uma solução apropriada para amenizar alguns efeitos negativos dessas edificações que são comumente construídas no Brasil e em larga escala. Seria o começo para que essa prática se tornasse comum a qualquer tipo de edificação.

A concepção deste trabalho é apresentar um projeto arquitetônico e estrutural de uma habitação de interesse social utilizando os preceitos da Norma de Coordenação Modular viável à realidade desse tipo de edificação. Com um projeto elaborado, apresentar as conclusões sobre as facilidades e empecilhos de utilizar essa técnica no Brasil, em especial na região de Formiga/MG, designando possíveis soluções para tornar a prática exequível.

## **2 OBJETIVOS**

Esta seção tem por finalidade mostrar quais são os objetivos do presente trabalho, sendo eles objetivo geral e objetivos específicos, conforme especificado a seguir.

### **2.1 Objetivo geral**

Dimensionar um protótipo de habitação social de acordo com os parâmetros estabelecidos pela NBR 15.873:2010 de Coordenação Modular para Edificações, buscando soluções possíveis para atender às exigências normativas e tornar a prática viável para Formiga/MG e região.

### **2.2 Objetivos específicos**

Os objetivos específicos do presente trabalho são:

- Realizar um estudo da NBR 15873:2010 a respeito dos materiais modulares que serão utilizados no protótipo de habitação social;
- Elaborar um projeto arquitetônico e estrutural dentro das normas de coordenação modular e, se necessário, desenvolver dimensões e algumas especificações de materiais modulares para serem utilizados;
- Demonstrar as vantagens e desvantagens da utilização da coordenação modular em projetos arquitetônicos e estruturais no caso das habitações sociais;
- Descrever possíveis soluções para maior utilização da construção em módulos.



### 3 JUSTIFICATIVA

Atualmente existe uma preocupação vigente e necessária relacionada à qualidade de vida e sustentabilidade. A indústria investe cada vez mais em produtos que, além de atender às necessidades do mercado, se preocupam com as questões sociais e ambientais. O mercado da construção civil vem há alguns anos inovando e criando tecnologias que se adéquam a essa nova era de desenvolvimento sustentável, porém, ainda há muito o que fazer para alcançar o patamar desejado.

Alguns estudos, visando estimar a geração de RCD (Resíduos da Construção e Demolição) a partir de construção, foram realizados no Brasil (PINTO, 1999; SOUZA *et al.*, 2004; CARELI, 2008) onde foi constatado gerações de RCD por unidade de área (em m<sup>2</sup>) de edificações verticais, variando entre 50 a 150 kg/m<sup>2</sup>. Tal variação depende do controle da produção implementado em cada canteiro de obra. Com relação à geração de RCD a partir de reformas, não existem levantamentos abrangentes. O único estudo identificado foi o de Morales, Mendes e Angulo (2006). Estes autores obtiveram os RCD por unidade de área de reforma (em m<sup>2</sup>) de 470 kg/m<sup>2</sup>. Segundo Mancini (2017), especialistas estimam que sejam gerados mais resíduos de construção civil do que lixo comum, algo em torno de 1,5 a 2,5 kg diários de entulho de construção por brasileiro.

A Coordenação Modular é uma forma de projetar e construir que pode contribuir para o desenvolvimento do setor tanto no que diz respeito à praticidade, agilidade e funcionalidade como também no quesito de sustentabilidade e de construções mais limpas, afinal, facilita a produção em série, a praticidade na execução e evita o desperdício de materiais, o que, considerando os números citados anteriormente, gera uma economia significativa ao final da obra.

Assim sendo, diante da percepção da necessidade de formas mais sustentáveis, econômicas e práticas no setor da construção civil e, no caso deste estudo, das habitações de interesse social, manifesta-se a ideia deste trabalho. Trata-se da união de duas questões atuais: desenvolvimento sustentável e habitação social, onde, nesta última, é possível perceber certo descaso em relação à arquitetura, usabilidade, funcionalidade, em relação aos materiais utilizados e as

técnicas de construção e, devido a esses quesitos, muitas vezes, em pouco tempo apresentam patologias.

A Norma de Coordenação Modular poderia ser aplicada durante o desenvolvimento deste trabalho em diversos tipos de edificações, porém, a habitação social é de extrema importância para a cultura no Brasil. Uma vez, aplicada a este tipo de edificação, poderia ser direcionada a qualquer outro modelo: habitações de baixo a alto padrão, comércio, arranha-céus, dentre outros.

Após a finalização deste estudo, espera-se perceber a viabilidade dessa técnica, desde a concepção dos projetos arquitetônicos e estruturais até a execução e finalização do processo, passando pela disponibilidade de materiais no mercado que atenda à demanda e especificações normativas.

## **4 REFERENCIAL TEÓRICO**

O referente capítulo apresenta um breve estudo bibliográfico sobre sustentabilidade voltado à geração de resíduos na construção civil, o surgimento e as normas da coordenação modular e os parâmetros que circundam as habitações sociais no Brasil.

Neste capítulo também é mencionada a importância de uma construção mais limpa, com responsabilidade e funcionalidade, desde a concepção projetual a execução desta.

### **4.1 Sustentabilidade e desenvolvimento sustentável**

A educação ambiental está presente na vida dos seres desde o início de sua existência na Terra, pois, para sua sobrevivência era imprescindível o homem saber relacionar-se com o meio ambiente.

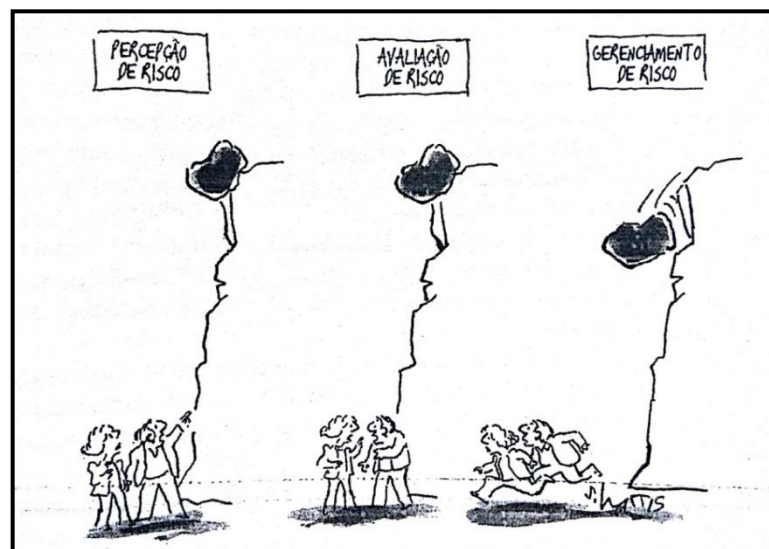
De acordo com Meadows (1996), “desde o primeiro momento em que os seres humanos começaram a interagir com o mundo ao seu redor, e ensinaram seus filhos a fazerem o mesmo, estava havendo educação e educação ambiental”. Após o processo de urbanização e industrialização a percepção de que a educação ambiental se faz presente em nosso dia-a-dia começou a mudar, o mundo começou um modelo de “desenvolvimento insustentável” (SOUZA, 2012).

Nas últimas décadas do século XX, começa a surgir uma preocupação geral com a preservação da natureza; esta ideia foi disseminando ao longo dos anos desde o individual até atingir grandes empresas, organizações governamentais e de iniciativa privada e as escolas (SATO, 2000). Segundo Sato (2000), o fato de transmitir este conhecimento aos jovens na escola criou uma base de conscientização muito importante e fez com que esse tema fosse transmitido progressivamente; no entanto, a abordagem dos temas “sustentabilidade” e principalmente, “desenvolvimento sustentável” ainda são tidas como complexas.

Segundo Souza (2012), o termo sustentabilidade indica uma busca pelo equilíbrio entre a melhora da qualidade de vida dos homens e o limite ambiental do planeta. A sustentabilidade não está necessariamente associada ao termo desenvolvimento, mas considera alternativas viáveis, ambientalmente corretas e socialmente justas para a construção da sociedade; a incorporação do termo “sustentável” ao “desenvolvimento” busca limitar as ações do segundo, estabelecendo a harmonia do desenvolvimento econômico e da produção capitalista, com a manutenção do meio ambiente e suas variáveis (SOUZA 2012). Trata-se da idéia do uso racional de recursos, trazendo qualidade de vida para todos e tendo em vista, ao mesmo tempo, os problemas ambientais. Dessa forma, a tecnologia deve servir tanto em favor do ser humano quanto da natureza.

No entanto, na busca por novas tecnologias e um crescimento econômico acelerado, as nações em geral, acabaram esquecendo-se que o mundo onde vivem se trata de um ecossistema finito e a inconseqüência do homem se converte em condições de vida impróprias (ÂNGULO; et al., 2002). Uma ilustração feita pelo cartunista de ciência norte-americano, Sidney Harris (2009), sobre o gerenciamento de risco praticado em todo o mundo ilustra o fato de muitas vezes conhecermos o risco, mas, no entanto, ignorá-lo e, somente após uma tragédia, tomarmos alguma atitude (FIG. 1).

Figura 1 - Crítica bem-humorada feita pelo cartunista Sidney Harris sobre o gerenciamento de risco praticado em todo o mundo.



Fonte: RIBEIRO e MORELLI, 2009, p. 58.

Segundo Ribeiro e Morelli (2009), esta figura representa uma clássica realidade, onde, em vários casos, as empresas criaram um sistema de prevenção de acidentes ambientais ou gestão adequada de seus resíduos depois de ocorridas catástrofes e serem punidas com pesadas multas, enquanto outras nem tiveram a oportunidade, devido ao alto valor das multas que as levaram a falência; um exemplo no Brasil é a PETROBRAS, onde acidentes como o derramamento de óleo na Baía de Guanabara e no Rio Iguaçu, em 2000, e a perda da P-36, em 2001, após esses acidentes ambientais, a empresa teve um real comprometimento como meio ambiente e a sociedade e uma reestruturação foi realizada; a PETROBRAS criou o mais sofisticado programa ambiental e de segurança operacional já elaborado no País.

Infelizmente, neste caso e em tantos outros espalhados pelo Brasil e pelo mundo, atitudes consistentes e planejadas são tomadas após um grande acidente ambiental. É o famoso ditado popular: *colocar cadeado em porta arrombada*. Se bem que nestas situações, *antes tarde do que nunca* (RIBEIRO; MORELLI, 2009, p. 59).

Os segmentos empresariais da construção civil, se tratando do Brasil, vêm crescendo consideravelmente desde a Revolução Industrial e, infelizmente, também não estão isentos de causar danos ao meio ambiente. Muito já foi feito a respeito, porém ainda está distante de atingir uma construção sustentável, principalmente que esta chegue a todos os cantos do mundo, inclusive àquelas comunidades mais pobres e remotas. Segundo Sato (2000), quanto mais “pobre”, não somente financeiramente, mas inicialmente de espírito e consciência fora nação, menor será a importância e incentivo a sustentabilidade; o Brasil se encaixa neste segmento, pois, embora se trate de um País cheio de recursos naturais ainda não possui governantes e uma população com inteligência e consciência voltada para um todo, para o futuro e para as leis do retorno, onde tudo que se faz no hoje, gera consequências no amanhã.

#### 4.1.1 Geração e gerenciamento de resíduos sólidos na construção civil

O setor da economia que mais emprega no Brasil é o da construção civil. O desempenho da chamada “indústria da construção” é um forte indicador de crescimento do País, à medida que são necessários investimentos em infraestrutura e novas construções para que haja o crescimento; no entanto, a construção civil também é uma das maiores geradoras de resíduos (RIBEIRO; MORELLI, 2009). Segundo Ribeiro e Morelli (2009), estima-se que, atualmente, 61% do lixo (em massa) produzido pelas cidades brasileiras são provenientes de rejeitos e subprodutos da construção civil, isso corresponde a uma produção de 90 milhões de toneladas/ano de resíduo.

Segundo Karpinski (2007), embora a quantidade de resíduos sólidos produzidos pelo mercado da construção civil seja alarmante, também é um segmento que possui a maior possibilidade de inserir resíduos em seu processo produtivo. Seja no coprocessamento, na produção do cimento, ou incorporados nos mais diversos artefatos, tais como telhas, blocos, meio-fios, tubulações, bloquetes, argamassas, concretos, dentre outros; assim, além de utilizar rejeitos dos mais diversos processos, a construção civil também reutiliza grande parte de seus próprios resíduos (KARPINSKI, 2007).

Para se ter uma idéia da quantidade de entulho reciclada, o material proveniente deste processo seria suficiente para se construir 70 mil casas populares, 3 300 prédios de quatro andares ou, ainda servir como base para 137 km de rodovias. (Ribeiro; Morelli, 2009).

Após a produção ou utilização de qualquer material sólido, tanto no âmbito urbano quanto industrial ou agrícola, sobram resíduos, especialmente em locais menos desenvolvidos, esses resíduos são descartados aleatoriamente; os resíduos sólidos são muitas vezes chamados lixo e comumente classificados quanto à origem, composição química, presença de umidade e toxicidade (RIBEIRO; MORELLI, 2009).

Resíduos Sólidos resultam de atividades de origem industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição. Ficam incluídos nesta definição os lodos provenientes de sistemas de tratamento de água, aqueles gerados em equipamentos e instalações de controle de poluição,

bem como determinados líquidos cuja particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou corpos de água, ou exijam para isso soluções, técnica e economicamente, inviáveis em face à melhor tecnologia disponível (ABNT, NBR 10.004, 2004).

Segundo Mano (2010), na classificação quanto à origem, o lixo pode ser domiciliar, comercial e público, de responsabilidade municipal; é possível ainda ter proveniência hospitalar, industrial, agrícola ou ser um entulho, de responsabilidade do gerador; onde, entulho são resíduos originados da construção civil (pedras, tábuas, ladrilhos, caixotes).

Alguns materiais encontrados nos resíduos urbanos são considerados perigosos; conseqüentemente devem ser separados do lixo comum para que lhes seja dada uma destinação específica, depois de descartados (NBR 10.004, 2004); entre eles, incluem-se:

- materiais para pintura: tintas, vernizes, solventes, pigmentos;
- produtos para jardinagem e tratamento de animais: repelentes, inseticidas, pesticidas, herbicidas;
- outros itens: pilhas, frascos de aerossóis, lâmpadas fluorescentes.

Os materiais usados na construção civil constituem uma grande fonte de resíduos sólidos; são constituídos de uma ampla variedade de produtos, que podem ser classificados em (MANO, 2010):

- solo – material não consolidado, geralmente proveniente da decomposição de rochas, que engloba matéria orgânica, inorgânica e vida bacteriana;
- materiais cerâmicos – compostos por rochas naturais; concreto, argamassas à base de cimento e cal, resíduos de cerâmica vermelha, como tijolos e telhas, cerâmica branca, especialmente a de revestimento, cimento-amianto, gesso e vidro;
- materiais metálicos – como aço, latão, chapas de aço galvanizado etc.;
- materiais orgânicos – como madeira natural ou industrializada, plásticos diversos, materiais betuminosos, tintas e adesivos, papel de embalagem, restos de vegetais e outros produtos de limpeza de terrenos.

Para Mano (2010), o problema do descarte do lixo está diretamente relacionado ao crescente aumento de sua produção e à falta de locais adequados para a sua disposição; a vigorosa industrialização do mundo moderno e a incorporação de novos hábitos de consumo na sociedade fizeram surgir às

embalagens descartáveis, são gerados cada vez mais resíduos, principalmente plásticos em forma de *commodities*<sup>1</sup>, empregados na fabricação de artefatos.

O gerenciamento da destinação dos resíduos urbanos é um conjunto de ações normativas, operacionais, financeiras e de planejamento para disposição do lixo de forma ambientalmente segura, utilizando tecnologias compatíveis com a realidade local.

De acordo com Bonelli (2011), para atingir o objetivo, é em geral adotada a filosofia comumente condensada sob a denominação 3R, que significa Reduzir, Reutilizar e Reciclar: antes do consumo, primeiramente é preciso Reduzir o volume do material a ser descartado, por redimensionamento das embalagens em relação à quantidade de material utilizado e modificação da forma dos recipientes. Após o descarte, é necessário que o governo estabeleça programas de incentivo à redução do lixo produzido; ao planejar a embalagem de artigos de consumo, o fabricante deve levar em consideração a possibilidade de o consumidor Reutilizar a embalagem, seja como recipiente, pote, garrafa ou frasco, para alguma utilização caseira. É uma forma de estender a vida útil do artefato; a última opção para diminuir a grande quantidade de material refugado é Reciclar. Na reciclagem, o que se aproveita é o material para ser transformado em uma nova peça ou para recuperar energia, fazendo retornar o ciclo produtivo parte das matérias-primas ou da energia.

Assim, para garantir as condições de existência das futuras gerações, sem deixar de atender às necessidades das atuais, deve haver um compromisso entre os setores industriais e a sociedade em relação às práticas de produção e de consumo. Antes do descarte do lixo, deve-se avaliar o seu potencial de redução, reutilização e reciclagem; o meio ambiente se beneficiará caso seja seguida a sequência citada; o ideal seria reduzir o consumo, por uma mudança de atitude, evitando principalmente o desperdício, também é importante a redução das dimensões e do peso dos produtos consumidos; depois, deve-se reutilizar a embalagem ao máximo e, no último, caso não seja possível executar esses dois princípios iniciais, reciclá-la (BONELLI, 2011).

---

<sup>1</sup>*Commodities* são artigos de comércio, bens que não sofrem processos de alteração (ou que são pouco diferenciados), como frutas, legumes, cereais e alguns metais. Como seguem um determinado padrão, o preço das *commodities* é negociado na Bolsa de Valores Internacionais, e depende de algumas circunstâncias do mercado, como a oferta e demanda. Muitas vezes podem ser sinônimo de “matéria-prima”, porque são produtos usados na criação de outros bens.



Segundo Silva (2009), no caso dos resíduos de construção civil, estes podem ser reutilizados na própria obra ou transformados em novos produtos, porém, o ideal sempre é ter uma edificação “limpa”, com o mínimo de desperdício de materiais, afinal, de que adianta um grande crescimento em um determinado setor, se este mesmo gera sérios danos ao meio ambiente e conseqüentemente a população.

## 4.2 Coordenação modular

Sabe-se que a manutenção do equilíbrio dos ecossistemas passa obrigatoriamente por mudanças nos processos industriais, nos modelos de produção hoje utilizados, os quais permitam aproximações do modelo de sustentabilidade estabelecido como adequado ao planeta.

A fixação de conceitos de sustentabilidade determina que o melhor produto e o melhor processo são aqueles que forem melhores para a preservação do ambiente; este conceito incorpora, portanto, aspectos de rentabilidade financeira, eficiência produtiva, qualidade de processo e de produto (GREVEN, 2000). Neste cenário, de acordo com Greven (2000), pode-se afirmar que a busca da qualidade ambiental no projeto da edificação passa necessariamente pela escolha de materiais e componentes, a partir do efetivo conhecimento do seu processo produtivo, no balanço energético final, seu potencial de inserção num sistema construtivo racional e otimizado, no que tange a processo construtivo, além das usuais variáveis estético-formais que configuram o ente arquitetônico.

Hoje o requisito principal de projeto reside na *eco-eficiência* da edificação.

*Eco-eficiência* de um produto ou componente consiste na característica ambiental incorporativa via projeto. O produto eco-eficiente apresenta requisitos especiais, que o diferencia de outros, no que se refere ao processo de fabricação, estoque, distribuição, utilização e descarte, adequado aos seus usuários e ao meio natural, no qual estes se inserem. Configura-se como o mais importante em qualquer programa de necessidades a ser concebido, com características de sustentabilidade (FERREIRA; BREGATTO; D'AVILA, 2008)

A coordenação modular deve ser entendida como um instrumento físico e econômico, vinculada à composição arquitetônica, à tecnologia e à produção. De acordo com Ferreira, Bregattoe e D'Avila (2008), a coordenação modular em

arquitetura é definida como um método ou abordagem de projeto, como elementos construtivos dimensionados a partir de uma unidade de medida comum; a unidade chamada de módulo define as dimensões e proporções dos elementos, estabelecendo uma relação de dependência entre eles e o produto final, a edificação.

O uso de módulos na construção civil pode ser encontrado em várias épocas, desde a Antiguidade:

O módulo dos clássicos era certamente um módulo-forma, enquanto o Modulor de Le Corbusier (1976) pode ser considerado como módulo função. As séries de módulos, adotados pelos romanos, revelam características de módulo-objeto. Dentre as aplicações mais antigas o Ken, módulo japonês, derivado do tatami, representa também um raro exemplo de módulo-objeto. A partir disto, é oportuno ressaltar que a coordenação dimensional é habitualmente entendida como um instrumento de normalização das partes da edificação (FERREIRA; BREGATTO; D'AVILA, 2008).

No caso da coordenação modular, a norma brasileira NBR 15873 (ABNT, 2010) assim define: “Técnica que permite relacionar as medidas de projeto com as medidas modulares por meio de um retículo espacial de referência”.

Andrade (2000) diz que é comum o fato de que a compatibilização dimensional em projetos de alvenaria estrutural coordenado modularmente seja considerada apenas na fase do projeto de produção, enquanto que o ideal é que a compatibilização seja pensada já na fase de estudo; o uso da coordenação modular em projetos requer modificações nas etapas de projetos. Para Andrade (2000), as principais diferenças para os projetos tradicionais, são as fases de análise e síntese, em que a fase de análise abrange o estudo dos componentes e a fase de síntese envolve os projetos de produto e de produção, os quais devem ser harmoniosos; a união das fases de análise e síntese deve permitir a troca de informações, viabilizando compatibilizar as necessidades de projeto com a produção dos componentes de construção.

Andrade (2000) lista as etapas e os aspectos diferentes em cada uma delas nos projetos modulares, que são:

- A primeira de um projeto convencional para um projeto modular reside em estabelecer quais componentes serão utilizados para montagem da edificação.
- A etapa de estudo preliminar, em um projeto coordenado modularmente, é bem semelhante a de um projeto comum. Nessa etapa é importante que o

projetista tenha o máximo de liberdade para conceber o projeto de modo a atender aos anseios de seus clientes envolvendo considerações sobre os componentes utilizados.

- O anteprojeto é a etapa com maior diferença entre o projeto convencional o projeto coordenado modularmente. O primeiro passo de um anteprojeto modular é o de compatibilizar a solução estabelecida no estudo preliminar com uma malha plana (quadrícula modular de referência) ou espacial (retícula espacial modular de referência). A partir da proposta, e com base nas dimensões dos componentes empregados, serão definidos os multimódulos a serem adotados para os diferentes projetos. Nos anteprojeto coordenados modularmente devem ser caracterizados os detalhes necessários para a execução.
- Os projetos executivos, coordenados modularmente, apresentam algumas diferenças do projeto convencional. A planta é designada planta modular e deve conter os principais componentes modulares na sua posição definitiva dentro da quadrícula de referência.
- A fase de gerenciamento de projeto compreende a organização, programação, definição de critérios, prioridades, métodos, definindo um cronograma de trabalho para elaboração dos projetos de maneira a se ter uma compatibilização no cronograma dos diferentes projetos. O ideal é que a elaboração dos projetos seja feita concomitantemente, possibilitando uma maior integração entre o projeto e a execução e auxiliando o gerenciamento do projeto.

Ainda para Andrade (2000), a coordenação modular promove a compatibilidade dimensional entre elementos construtivos (definidos nos projetos das edificações) e componentes construtivos (definidos nos projetos de produtos dos respectivos fabricantes), para além de arranjos produtivos particulares ou de alcance restrito. Isso possibilita:

- Reduzir a variedade de medidas utilizadas na fabricação de componentes;
- Simplificar a coordenação dimensional nos projetos das edificações, que hoje é elaborada caso a caso;
- Simplificar o processo de marcação no canteiro de obras para posicionamento e montagem de componentes construtivos;

- Reduzir cortes e ajustes de componentes e elementos construtivos;
- Aumentar a intercambiabilidade de componentes tanto na construção inicial quanto em reformas e melhorias ao longo da vida útil da edificação;
- Aumentar o mercado de exportação de componentes;
- Ampliar a cooperação entre os diversos agentes da cadeia produtiva da construção.

As Normas técnicas brasileiras que fundamentam a coordenação modular se encontram em constante processo de revisão, embora seus princípios básicos sejam os mesmos das normas internacionais.

A seguir explicita-se o vocabulário e os princípios fundamentais da coordenação modular, concordantes com as normas internacionais, bem como com as discussões desenvolvidas até o momento na respectiva Comissão da ABNT.

#### **4.2.1 Normas de coordenação modular para edificações**

Para efeito do presente estudo, serão adotadas as seguintes definições segundo a NBR-15873 (ABNT, 2010):

- Elemento (construtivo): Parte da edificação com funções específicas, constituída por um conjunto de componentes e/ou materiais de construção. Exemplo: parede, janela, escada.
- Componente (construtivo): Produto destinado à edificação e formado como uma unidade distinta, de geometria definida e de medidas especificadas nas três dimensões. Exemplos: Bloco cerâmico, telha, painel etc.
- Material (de construção): Produto destinado à edificação e que não é formado como uma unidade distinta, não tem geometria definida ou não tem medidas especificadas nas três dimensões. Exemplo: areia, brita, cal, cimento, chapa, bambu, pedra de mão, aditivo, tinta, argamassa etc.
- Coordenação dimensional: Interrelação de medidas de elementos e componentes construtivos e das edificações que os incorporam, usada para seu projeto, sua fabricação e sua montagem.

- Coordenação modular: Coordenação dimensional mediante o emprego do módulo básico ou de um multimódulo.
- Módulo básico: Menor unidade de medida linear da coordenação modular, representada pela letra M, cujo valor é  $M=100\text{mm}$ .
- Multimódulo: Múltiplo inteiro do módulo básico.
- Espaço de coordenação: Espaço necessário a um elemento ou componente construtivo, incluídas folgas para deformações e instalação, tolerâncias e materiais de união.
- Medida real: Medida verificada diretamente no objeto singular, após sua execução/fabricação. Exemplo: Painel de  $58,82\text{cm} \times 279,10\text{cm} \times 8,93\text{cm}$ .
- Medida nominal: Medida esperada de um objeto, definida antes de sua execução/fabricação. Exemplo: Painel de  $59\text{cm} \times 279\text{cm} \times 9\text{cm}$ .
- Medida de coordenação: Medida do espaço de coordenação de um elemento ou componente. Exemplo: Painel de  $60\text{cm} \times 280\text{cm} \times 10\text{cm}$ .
- Medida modular: Medida de coordenação cujo valor é igual ao módulo básico ou a um multimódulo. Exemplo: Painel de  $6M \times 28M \times 1M$ .
- Tolerância: Diferença admissível entre uma medida real e a medida nominal correspondente.
- Ajuste de coordenação: Diferença entre uma medida nominal e a medida de coordenação correspondente. O ajuste de coordenação garante folgas para deformações e instalação, tolerâncias e materiais de união.
- Elemento Modular: Elemento construtivo cujas medidas de coordenação são modulares.
- Componente Modular: Componentes construtivos cujas medidas de coordenação são modulares.
- Conjunto Modular: Agrupamento de componentes construtivos que, em conjunto, resulta em medidas de coordenação modulares.

A Coordenação Modular se baseia num único princípio fundamental: o espaço ocupado por um elemento ou componente construtivo deve ter medidas múltiplas de 100mm nas três dimensões.

O espaço ocupado por um elemento ou componente denomina-se espaço de coordenação. Ele inclui o elemento ou componente propriamente dito e, também, as folgas perimetrais requeridas em razão de suas deformações (mecânicas, térmicas

ou por umidade), suas tolerâncias (de fabricação, marcação e montagem), seu processo de instalação e seus materiais de união com componentes ou elementos vizinhos. Essas folgas perimetrais são denominadas ajustes de coordenação. Portanto:

*Espaço de coordenação = Elemento ou componente + Ajustes de coordenação*

*Elemento ou componente = Espaço de coordenação - Ajustes de coordenação*

*Ajustes de coordenação = Espaço de coordenação - Elemento ou componente*

As medidas do espaço de coordenação, quando múltiplas do módulo básico de 100mm (M), são denominadas medidas modulares. As medidas previstas do elemento ou componentes propriamente ditas são denominadas medidas nominais. Portanto:

*Medida modular = Medida nominal + Ajuste de coordenação*

*Medida nominal = Medida modular - Ajuste de coordenação*

*Ajuste de coordenação = Medida modular - Medida nominal*

Para além desse princípio fundamental, existe a possibilidade de reduzir a variedade de medidas praticadas por fabricantes e projetistas mediante o uso de séries de multimódulos, como, por exemplo, as séries n x 2M, n x 3M ou séries de incremento variado.

Não se considera que as definições dessas séries devam ser feitas previamente ou para todos os diferentes setores da construção civil em conjunto. Uma vez implementada a Coordenação Modular, a demanda de mercado funcionará, por si só, como um fator de seleção dimensional. Ao longo do tempo, diferentes setores poderão se organizar para o estabelecimento de séries concernentes, especificamente, a determinados produtos ou segmentos.

### 4.3 Habitações de interesse social

Uma habitação é um espaço fechado e com teto onde os seres humanos habitam, onde, termos como domicílio, residência, lar e casa podem usar-se como sinônimos de habitação; social, por sua vez, diz-se daquilo que está relacionado com a sociedade (uma comunidade de pessoas que têm em comum uma cultura e interesses e que interagem entre elas) (BEZERRA JÚNIOR, 2016). A ideia de habitação social para Bezerra Júnior (2016), pode-se usar de diversos modos: em geral, a expressão alude a um imóvel que, de alguma forma, o Estado entrega às pessoas que não têm condições para aceder a uma habitação digna.

As habitações sociais, em resumo, têm a finalidade de paliar um déficit habitacional. Embora todos os seres humanos tenham o direito a uma habitação, a realidade sócio-econômica faz que essa necessidade não possa ser satisfeita por muitos indivíduos. O Estado, neste âmbito, envolve-se para devolver esse direito. A construção e a administração de habitações sociais também supõem uma correção a um funcionamento deficiente do mercado imobiliário, que deixa muitas pessoas de fora (LARCHER; et al., 2015).

O Governo Brasileiro possui um histórico de planos habitacionais que têm por objetivo, segundo a Lei 10.410/2000 (que teve sua primeira versão criada em 1991), a redução do déficit de moradias no país. Ainda segundo a Lei vigente sobre o Sistema Nacional de Habitação de Interesse Social - SNHIS -, no Art. 2º, fica instituído com os seguintes objetivos:

- Viabilizar para a população de menor renda o acesso a terra urbanizada e à habitação digna e sustentável;
- Implementar políticas e programas de investimentos e subsídios, promovendo e viabilizando o acesso à habitação voltada à população de menor renda;
- Articular, compatibilizar, acompanhar e apoiar a atuação das instituições e órgãos que desempenham funções no setor da habitação.

Segundo Gonçalves (2014), além destes objetivos previstos por Lei, também possui um objetivo velado: “utilizando-se da propaganda política, obter ganho de popularidade junto às camadas mais carentes da população”.

O envolvimento do Estado brasileiro nas questões voltadas a habitação se deu no final do século XIX, partindo de uma visão sanitarista; uma das ações do

Estado para enfrentar a propagação de doenças e epidemias nas cidades foi à atuação de médicos no interior das casas da população de baixa renda, uma ação com objetivo de promover o controle sanitário das habitações (BONDUKI, 1998). Segundo Bonduki (1998), também foram tomadas iniciativas regulatórias, como os Códigos Sanitários e o de Posturas trazendo padrões e parâmetros inclusive para a construção de moradias operárias.

No final da década de 1930, a favelização e a autoconstrução na periferia das cidades já é uma realidade brasileira: diferentes fatores levaram a essa condição o início da industrialização no país, onde os trabalhadores saíam do campo em direção as cidades, a escassa oferta de material de construção devido a segunda guerra, a Lei de Inquilinato, instituída em 1942 por Getúlio Vargas (BONDUKI, 1994).

De acordo com Emiliano (2006), o Estado começa a assumir responsabilidade na produção de moradia a partir da década de trinta, com a criação das carteiras prediais dos Institutos de Aposentadoria e Pensões (IAPs), organizados por categorias, construía conjuntos habitacionais e financiavam moradias isoladas.

Conforme citado por Arrecthe (1990 apud EMILIANO, 2006), a produção habitacional voltada para o mercado consolidou-se na década de 1940; os setores industriais e comerciais, na ausência de um mercado financeiro, investiram no mercado imobiliário possibilitando a expansão da produção privada de imóveis; nesse mercado o Estado interferia por meio de ações regulatórias, desde a distribuição dos recursos dos IAPs, legislando sobre sua destinação, sem, no entanto participar diretamente do processo de produção residencial até 1946. No campo do consumo, o Estado interferiu no controle de aluguéis privados, adotando política de congelamento de aluguéis e adotando mecanismos restritivos a retomada dos imóveis pelos proprietários (Arrecthe, 2006).

Segundo Arrecthe (2006), o Sistema Nacional de Habitação de Interesse Social tem como integrantes, atualmente, os seguintes órgãos e entidades:

- Ministério das Cidades, órgão central do SNHIS;
- Conselho Gestor do Fundo Nacional de Habitação de Interesse Social (FNHIS);
- Caixa Econômica Federal – CEF, agente operador do FNHIS;
- Conselho das Cidades;



- Conselho no âmbito dos Estados, Distrito Federal e Municípios, com atribuições específicas relativas às questões urbanas e habitacionais;
- Órgãos e as instituições integrantes da administração pública, direta ou indireta, das esferas estadual, federal, do Distrito Federal e municipal, e instituições regionais ou metropolitanas que desempenham funções complementares ou afins com a habitação;
- Fundações, sociedades, sindicatos, associações comunitárias, cooperativas habitacionais e quaisquer outras entidades privadas que desempenham atividades na área habitacional, afins ou complementares, todos na condição de agentes promotores das ações no âmbito do SNHIS;
- Agentes financeiros autorizados pelo Conselho Monetário Nacional a atuar no Sistema Financeiro de Habitação – SFH.

As normas que regem os projetos e construções de Habitações Sociais variam com o tipo de programa o qual está vinculada que é estabelecido através da renda familiar em salários mínimos dos futuros moradores. Além das normas específicas citadas, as Habitações de Interesse Social têm, desde 2013, de estar de acordo com as diretrizes especificadas na NBR 15.575/2013 de Desempenho Técnico para HIS. Esta apresentou um novo direcionamento a construtores e projetistas ao estabelecer níveis mínimos de qualidade para as residências e também trouxe grandes desafios, uma vez que, no setor de moradias populares, já se trabalha com margens apertadas.

## 5 METODOLOGIA

O presente trabalho foi realizado em duas etapas: a parte de fundamentação teórica e a parte de desenvolvimento do projeto arquitetônico e estrutural, demonstrando a aplicação da Coordenação Modular em um projeto de habitação social, finalizando assim, com os resultados obtidos e possíveis soluções.

Dessa forma, apresenta-se a seguir as etapas que foram desenvolvidas nas duas fases deste trabalho de conclusão de curso:

### **1ª fase**

A primeira etapa trata-se de uma revisão bibliográfica realizada através de consulta a livros, artigos científicos e acadêmicos, periódicos, e também em plataformas *online* de busca de artigos, trabalhos de conclusão de curso, dissertações de mestrado e teses de doutorados, com a finalidade de abordar:

- Referências bibliográficas referentes à Norma de Coordenação Modular em Edificações, a NBR 15873:2010, de forma a introduzir gradualmente a modulação, seu estudo e aplicações;
- Ainda baseado na revisão bibliográfica, há uma visão geral sobre a teoria da coordenação modular e suas diretrizes para a aplicação em projetos;
- Breve estudo sobre sustentabilidade e desenvolvimento sustentável;
- Revisão sobre a caracterização de habitações de interesse social.

### **2ª parte**

A segunda etapa trata-se da aplicação prática que envolve a coordenação modular e a alvenaria convencional onde foram realizadas as seguintes etapas:

- Desenvolvimento dos projetos arquitetônicos e estruturais aplicando a NBR 15873:2010 de Coordenação Modular aplicada a edificações;
- Verificação de materiais pertinentes ao projeto proposto em lojas e fábricas na região de Formiga que se adéquem a Norma de Coordenação Modular;
- Elaboração dos detalhamentos necessários ao atendimento da proposta;
- Conclusão sobre vantagens, desvantagens, facilidades e dificuldades relacionadas à aplicação da Norma nas habitações sociais voltadas a

realidade do mercado de Formiga e região, apresentando possíveis soluções que se fizerem necessárias.

### **5.1 Materiais utilizados**

Para a efetivação do trabalho foram utilizados *softwares* da área de engenharia e arquitetura, sendo eles: *AutoCAD*, *CypeCAD* e *Sketchup*. Além dos programas específicos, foram escolhidos também alguns materiais comuns no mercado da construção civil em Formiga e região. Como requisito, estes materiais precisavam se encaixar na concepção da alvenaria convencional, com a finalidade de aplicar a técnica de modulação de forma que esta possa ser realizada na prática.

Foram considerados os seguintes materiais, especificações e técnicas construtivas:

- Blocos cerâmicos com dimensões de: 19x19x39cm, 19x19x19cm e 9x19x19cm (Largura x Altura x Comprimento);
- Argamassa convencional para assentar blocos cerâmicos com espessura considerada sendo de 1cm;
- Estrutura em concreto armado, moldada *in loco* com o auxílio de formas de madeira.
- Esquadrias fabricadas em alumínio, vidro e madeira.

### **5.2 Concepção do projeto arquitetônico e estrutural conforme a norma de coordenação modular**

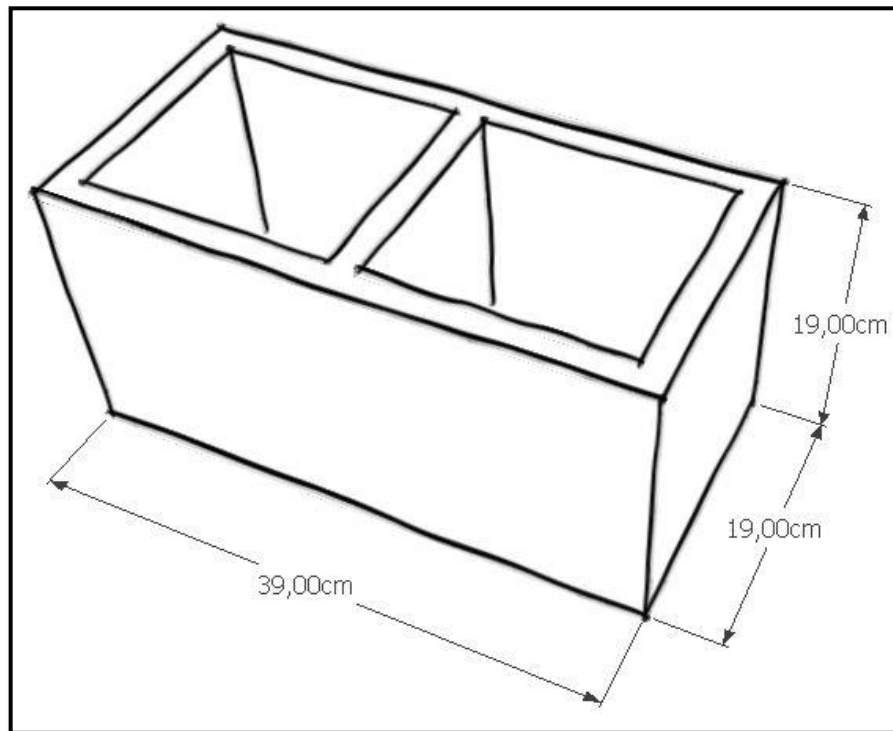
Sabe-se que para a construção de uma determinada edificação é necessário reunir elementos construtivos, uns maleáveis e outros não. Os maleáveis têm sua junção realizada de forma mais simples, pois as medidas podem ser modificadas facilmente. Por outro lado, o material rígido, para se adaptar e se encaixar, necessita de um pouco mais de tempo e esforço. É necessário, cortar, serrar, lixar ou mesmo

quebrar, para que se ajustem. Esse processo gera resíduo e maximiza o tempo gasto na obra.

Com a Coordenação Modular, esse processo de construção é facilitado, pois existe uma compatibilização de medidas. Com ela, a combinação de componentes construtivos das mais diversas origens fica automática e flexível.

Um ponto-chave da Coordenação Modular são os diferentes tipos de medidas dos componentes construtivos. Pode-se usar como exemplo um bloco de concreto (FIG. 2).

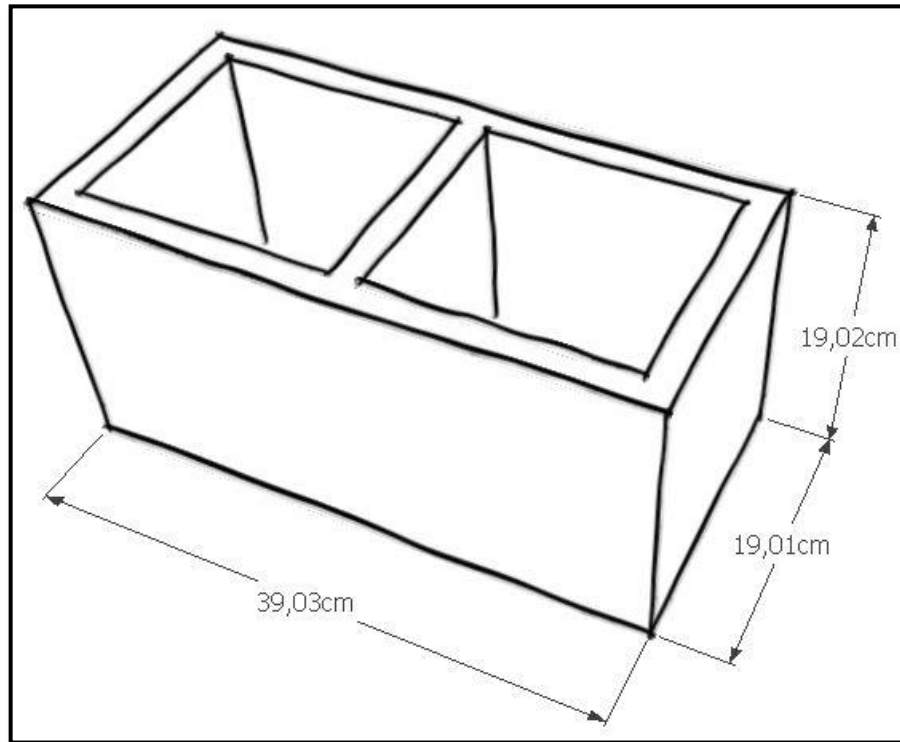
Figura 2 - Exemplo de bloco com medidas nominais de fabricação.



Fonte: Autora, 2018.

Assim, tem-se, a princípio, as medidas nominais de fabricação: 19cm x 19cm x 39cm. Quando este componente é medido depois de fabricado, provavelmente encontram-se as medidas um pouco diferentes: são as medidas reais (FIG. 3). Cada exemplar do bloco varia um pouco em relação à sua medida nominal.

Figura 3 - Bloco com as medidas reais.

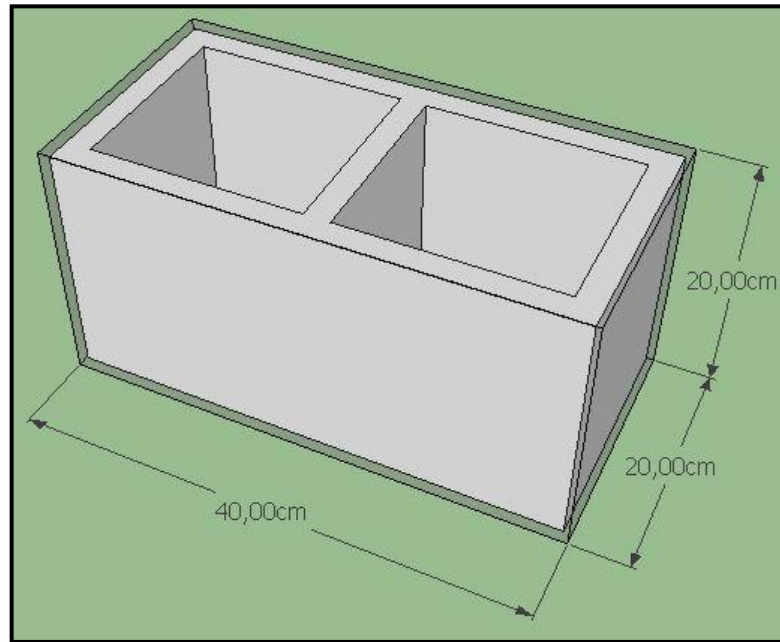


Fonte: Autora. 2018.

Essa variação não é problema, porque a medida nominal inclui uma tolerância. A NBR 6136 estabelece que a tolerância de blocos de concreto seja de 2mm na largura e 3mm no comprimento e na altura.

Neste sentido, o bloco em questão pode ser usado sem problemas. Um terceiro valor é a medida de coordenação. O bloco de concreto é usado com juntas de argamassa de 1cm, em média. Essas juntas também absorvem as tolerâncias de fabricação. Disso decorrem medidas de coordenação de 20cm x 20cm x 40cm (FIG. 4).

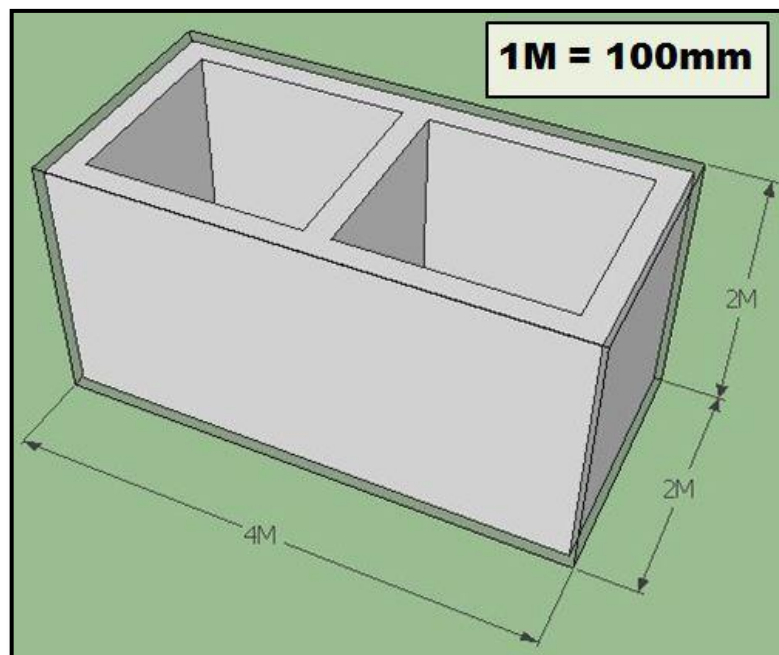
Figura 4 - Bloco com medidas de coordenação.



Fonte: Autora, 2018.

Como esses valores são múltiplos de 10cm, podem ser designados por módulos (M). O bloco mede 2M x 2M x 4M ou, em suma, ele é modular, como mostra a FIG. 5.

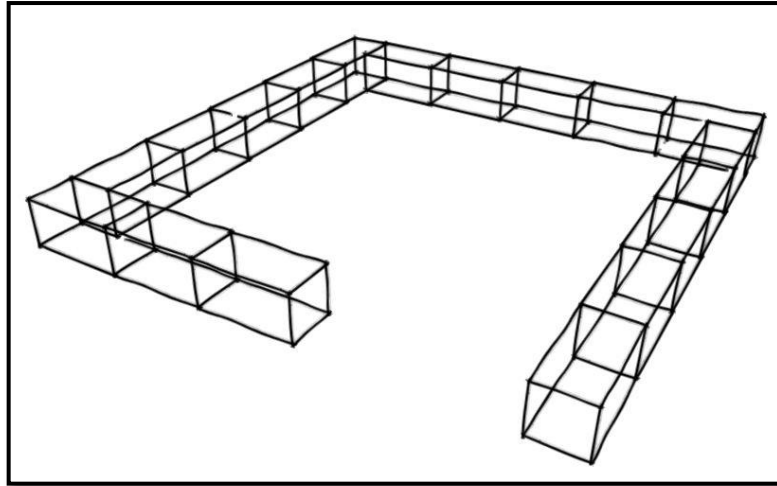
Figura 5 - Bloco com medidas modulares



Fonte: Autora, 2018.

No projeto de alvenaria com esse bloco, todo o desenho pode ser feito diretamente com as medidas modulares (FIG 6).

Figura 6 - Desenho do projeto com medidas modulares.

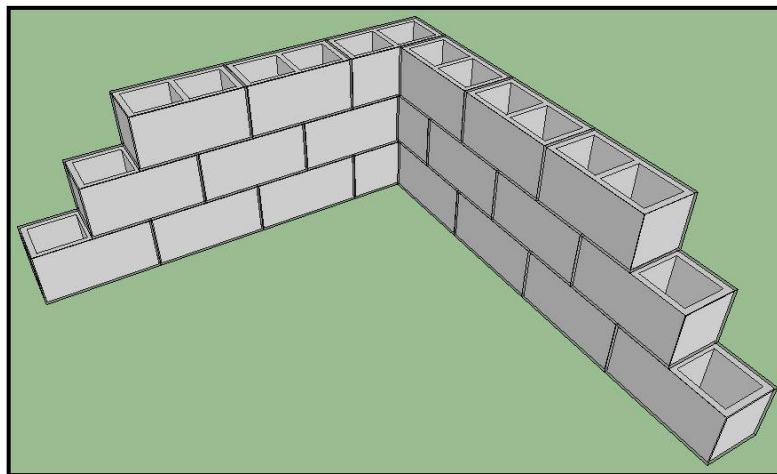


Fonte: Autora, 2018.

O raciocínio fica mais rápido, porque folgas e juntas já estão incluídas, bastando à justaposição de espaços de coordenação. Também não é necessário indicar as medidas nominais dos componentes ou dos vãos, pois as medidas modulares são de leitura bem mais direta.

O projeto feito a partir dos espaços e das medidas de coordenação também define posições de componentes, mas, ele as define dentro de uma margem (Fig. 7).

Figura 7 - Componentes + Espaços de coordenação.



Fonte: Autora, 2018.

Assim, pequenos desvios nas medidas e na geometria não geram erros para outros componentes. Cada componente tem, por assim dizer, certo jogo de cintura que é compensado pela junta. O importante é que ele não ultrapasse o plano de coordenação que delimita seu espaço.

Como o projeto elaborado no presente trabalho trata-se apenas de um protótipo para a aplicação da norma de coordenação modular, os conceitos arquitetônicos que acompanham a sua localização em um determinado terreno não foram considerados. Como é o caso do estudo da insolação e ventilação, dados sobre o local e a região, como também, normas específicas de zoneamento e código de obras, comuns em projetos.

Na concepção da habitação social proposta, o projeto arquitetônico foi desenvolvido com as diretrizes pertinentes ao tipo de programa pré-definido para a elaboração do trabalho, neste contexto, trata-se do Minha Casa Minha Vida, onde os requisitos é que seja uma residência unifamiliar, térrea, com até 70m<sup>2</sup> e outras normas que não se aplicam ao presente estudo.

Desse modo, foi inicialmente elaborado um croqui arquitetônico já com medidas modulares a fim de dispor os ambientes e facilitar a modulação (FIG. 8).





padrão. Seguem no QUADRO 1 quais os móveis e equipamentos que cada cômodo deve conter para a realização das atividades essenciais do mesmo.

Quadro 1 - Especificações da NBR 15.575 para móveis e equipamentos-padrão

<b>Atividades essenciais/Cômodo</b>	<b>Móveis e equipamentos-padrão</b>
Dormir/Dormitório de casal	Cama de casal + guarda-roupa + criado-mudo (mínimo 1)
Dormir/Dormitório para duas pessoas (2º dormitório)	Duas camas de solteiro + guarda-roupa + criado-mudo ou mesa de estudo
Dormir/Dormitório para uma pessoa (3º dormitório)	Cama de solteiro + guarda-roupa + criado-mudo
Estar	Sofá de dois ou três lugares + armário sobre a pia + poltrona
Cozinha	Fogão + geladeira + pia de cozinha + armário sobre a pia + gabinete + apoio para refeição (2 pessoas)
Alimentar/tomar refeições	Mesa + quatro cadeiras
Fazer higiene pessoal	Lavatório + chuveiro (box) + vaso sanitário NOTA: No caso de lavabos, não é necessário o chuveiro.
Lavar, secar e passar roupas	Tanque (externo para unidades habitacionais térreas) + máquina de lavar roupa
Estudar, ler, escrever, costurar, reparar e guardar objetos diversos	Escrivaninha ou mesa + cadeira

Fonte: NBR 15575-1, 2013.

Ainda na NBR 15.575-1, estão presentes as dimensões mínimas de mobiliário e circulação, sendo as mais relevantes ao trabalho as seguintes especificações:

- Sala de Estar/Jantar: Mesa quadrada para quatro lugares com dimensões de 1m x1m, circulação mínima de 0,75m a partir da borda da mesa (espaço para afastar a cadeira e levantar), a largura mínima da sala de estar/jantar deve ser de 2,40m; é permitido *layout* com o lado menor da mesa encostado na parede, desde que haja espaço para o seu afastamento, quando da utilização;
- Cozinha: Circulação mínima de 0,85m frontal à pia, fogão e geladeira; largura mínima da cozinha de 1,50m; mobiliário mínimo sendo, pia, fogão, geladeira e armário; espaço obrigatório para móvel;

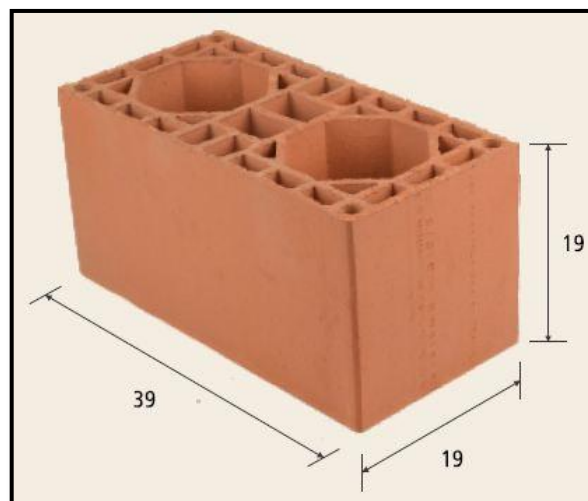
- Dormitório casal: Circulação mínima entre o mobiliário e/ou paredes de 0,50m; é permitido somente um criado mudo quando o 2º interferir na abertura de portas do guarda-roupa;
- Dormitório para duas pessoas: circulação mínima entre as camas de 0,60m; demais circulações mínimo de 0,50m; mínimo, duas camas, um criado-mudo e um guarda-roupa;
- Banheiro: Circulação mínima de 0,40m frontal ao lavatório, vaso e bidê; largura mínima do banheiro de 1,10m, exceto no box;
- Área de Serviço: Circulação mínima de 0,50m frontal ao tanque e a máquina de lavar; no mínimo um tanque de 20 litros e uma máquina de lavar.

A Norma não estabelece dimensões mínimas de cômodos, salvo algumas exceções, deixando aos projetistas a competência de formatar os ambientes da habitação segundo o mobiliário previsto, evitando conflitos com legislações estaduais ou municipais que versem sobre dimensões mínimas dos ambientes.

Após esta etapa, foi necessário escolher o tipo de bloco e suas respectivas dimensões para dar início ao processo de modulação. Essa é uma das partes mais importantes da elaboração do projeto, pois o bloco escolhido precisa possuir medidas modulares e como requisito, deveria também ser facilmente encontrado em lojas de materiais de construção de Formiga e região. Assim, os blocos selecionados foram:

- Bloco cerâmico de 19cm x 19cm x 39cm (FIG. 9);

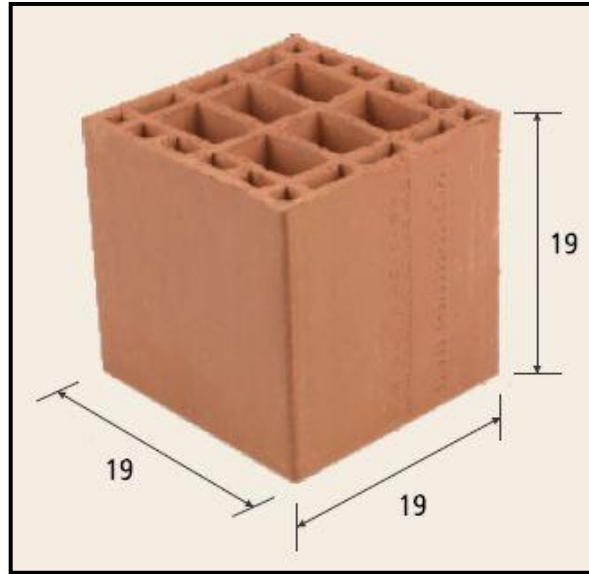
Figura 9 - Bloco Cerâmico de 19x19x39cm



Fonte: Cerâmica Ermida, 2018.

- Bloco cerâmico de 19cm x 19cm x 19cm (FIG.10);

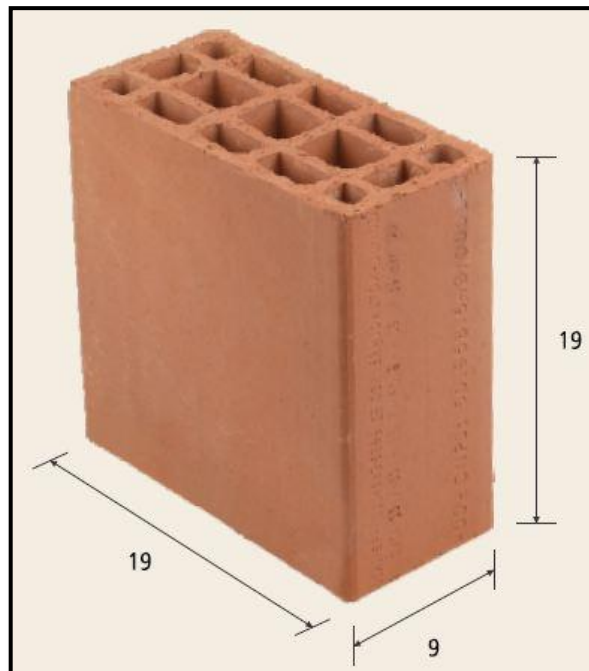
Figura 10 - Bloco Cerâmico de 19x19x19cm



Fonte: Cerâmica Ermida, 2018.

- Bloco cerâmico de 9cm x 19cm x 19cm (FIG.11);

Figura 11 - Bloco Cerâmico de 9x19x19cm



Fonte: Cerâmica Ermida, 2018.

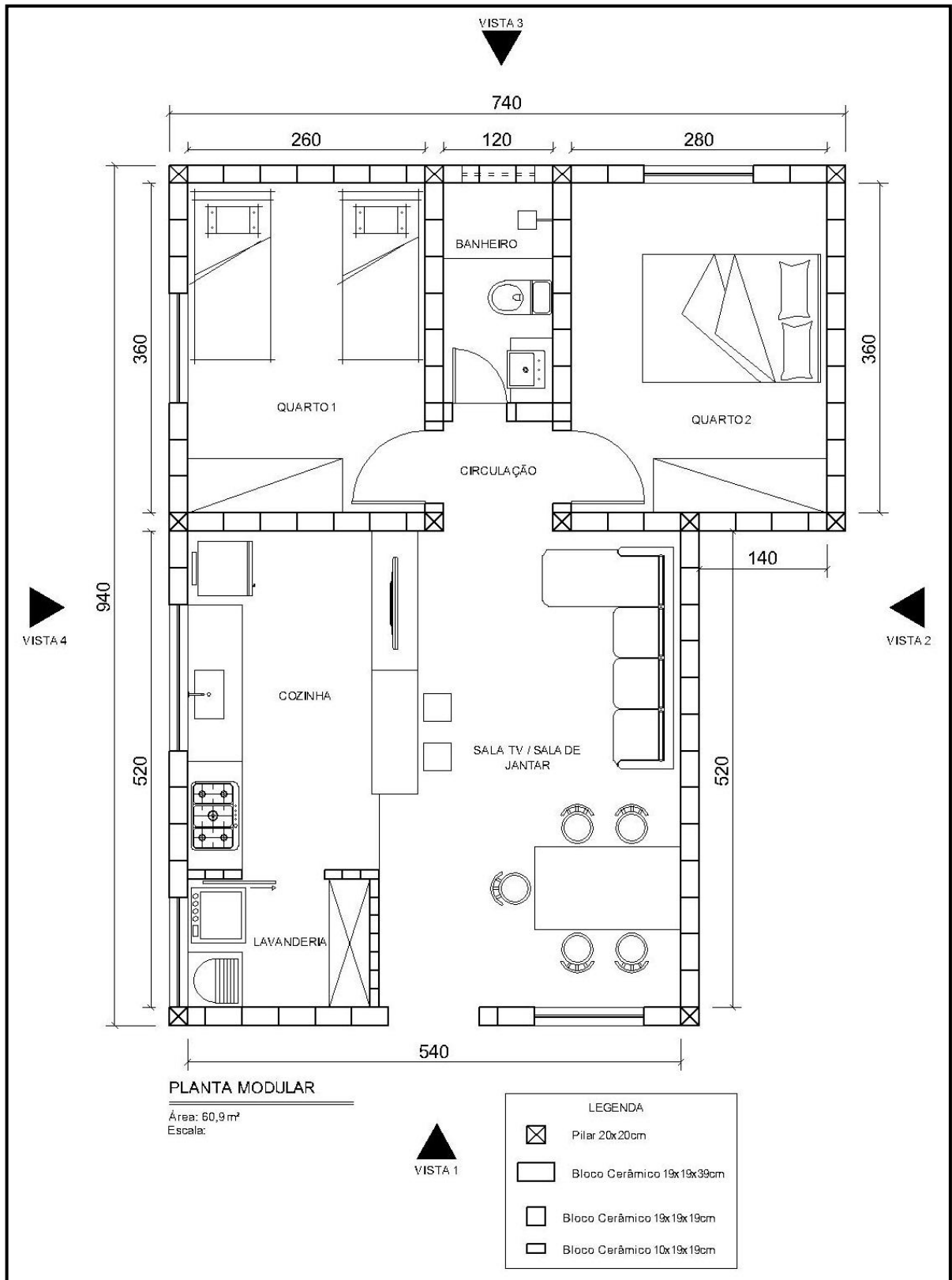
Outro fator importante nessa etapa da modulação é a definição das dimensões finais da parte estrutural do projeto, antes mesmo de serem calculadas e verificadas no *CypeCAD*. Os pilares, vigas, vergas e contravergas, assim como os blocos também precisam possuir medidas modulares. No caso, a única estrutura que possui certa maleabilidade são as vigas, porém somente em relação a sua altura, uma vez que, não influencie em outras partes da edificação que sejam modulares e que estas sejam padronizadas em toda a edificação. Escolhida a dimensão de uma viga, todas as outras devem seguir o mesmo parâmetro externo de largura e altura. No caso dos pilares, estes podem possuir dimensões diferentes, se caso seja necessário, desde que, estas medidas sejam modulares e coniventes com as dimensões dos blocos utilizados.

Aplicando o conceito de modulação nos blocos selecionados e considerando a junta de argamassa de 1cm, estes passam a medir:

- Bloco cerâmico de 19cm x 19cm x 39cm + 1cm de argamassa = 20cm x 20cm x 40cm = 2M x 2M x 4M;
- Bloco cerâmico de 19cm x 19cm x 19cm + 1cm de argamassa = 20cm x 20cm x 20cm = 2M x 2M x 2M;
- Bloco cerâmico de 9cm x 19cm x 19cm + 1cm de argamassa = 10cm x 20cm x 20cm = 1M x 2M x 2M;

Com os blocos em medidas modulares, foi possível iniciar a modulação do projeto arquitetônico (FIG. 12).

Figura 12 - Projeto Arquitetônico Modulado



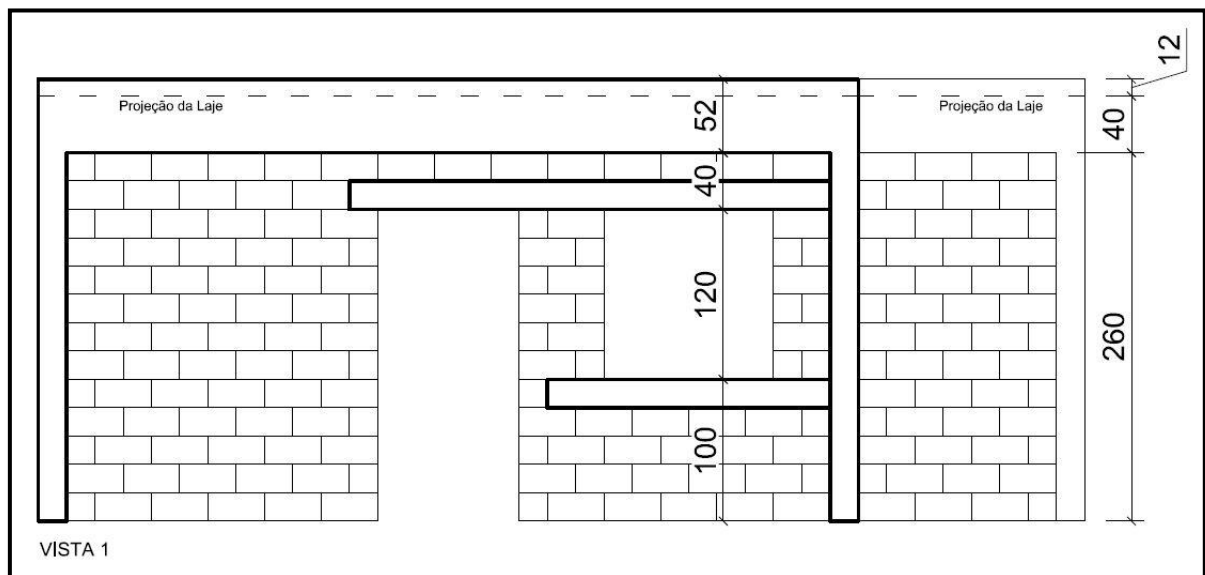
Fonte: Autora, 2018.

Neste processo, os blocos foram posicionados simultaneamente com os pilares de dimensão 20cm x 20cm. Esta proporção foi definida de modo que atendesse a NBR 6118(2014) que estabelece a seção transversal mínima do pilar como sendo de 360cm<sup>2</sup> e também as diretrizes da coordenação modular.

Concluída esta etapa de elaboração da planta arquitetônica modular, foi feita as elevações externas de toda a estrutura da edificação a fim de verificar a compatibilidade dos materiais e dimensões pré-definidas:

- Vista frontal (FIG. 13);

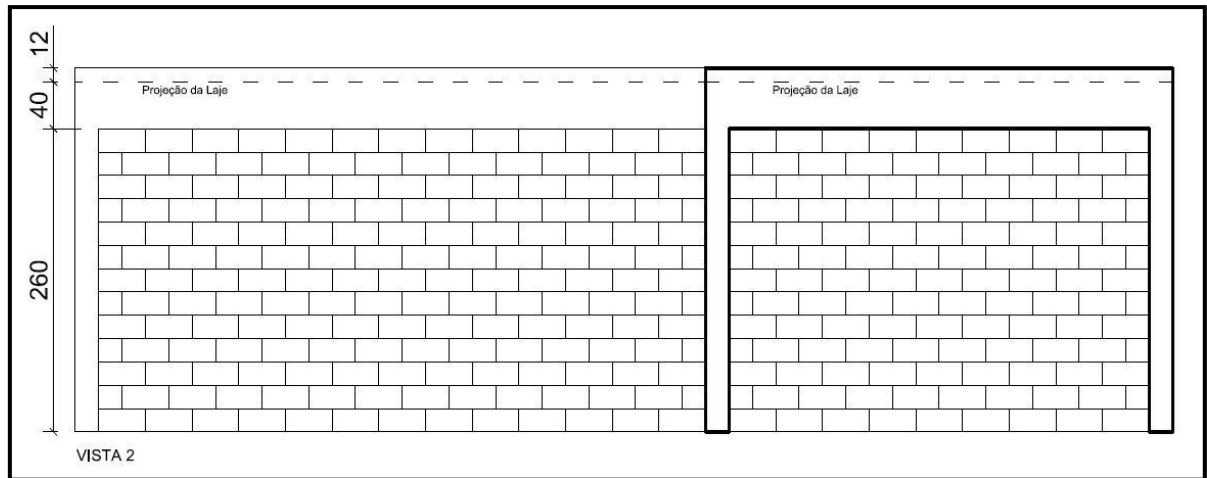
Figura 13 - Vista externa frontal



Fonte: Autora, 2018.

- Vista da lateral direita (FIG. 14);

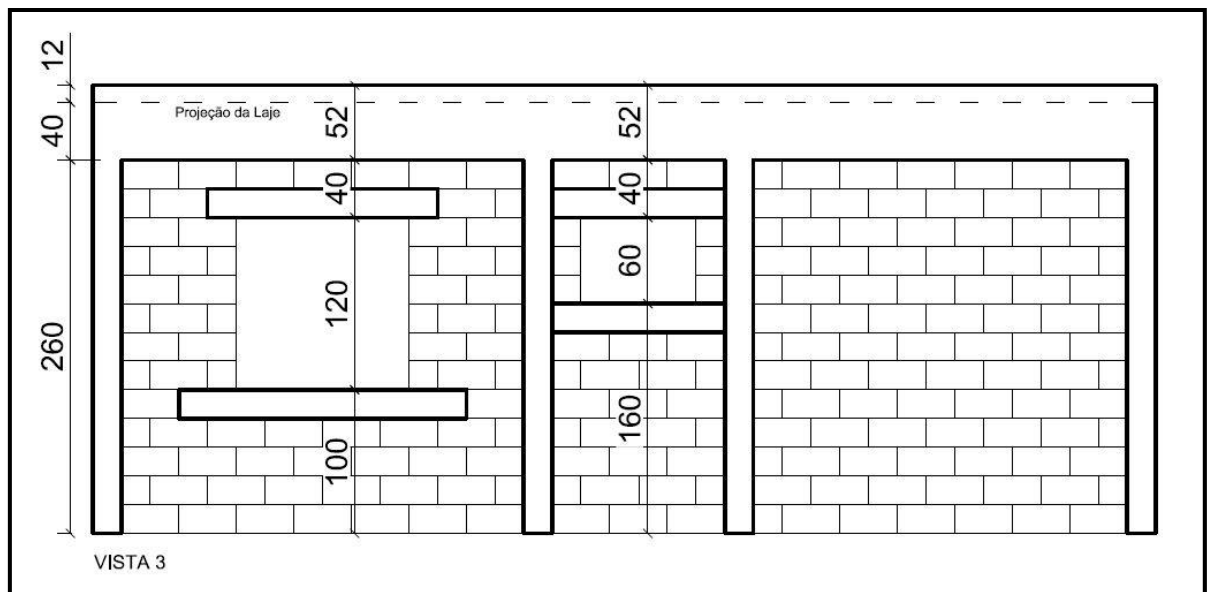
Figura 14 - Vista externa lateral direita



Fonte: Autora, 2018.

- Vista do fundo (FIG. 15);

Figura 15 - Vista externa do fundo

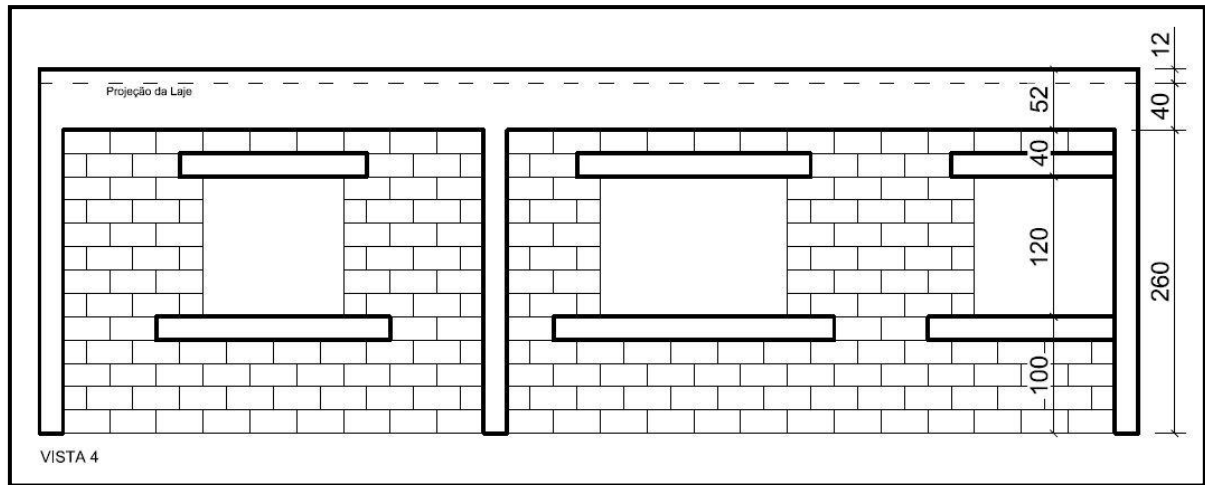


Fonte: Autora, 2018.

- Vista da lateral esquerda (FIG. 16);



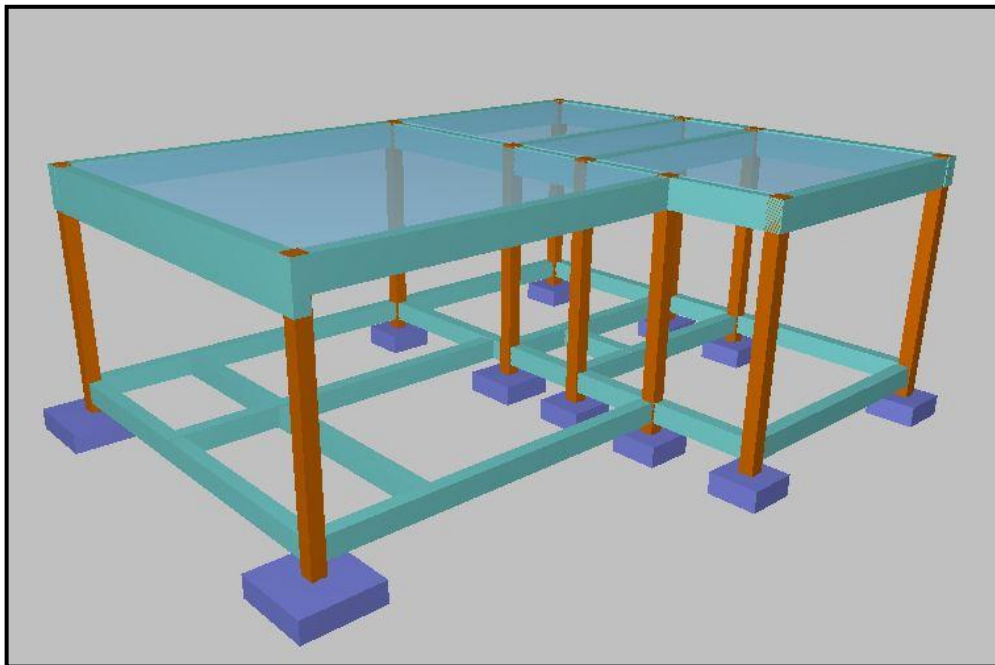
Figura 16 - Vista externa da lateral esquerda



Fonte: Autora, 2018.

Uma vez que não foi encontrado nenhum tipo de incompatibilidade entre as dimensões estruturais, os blocos e o projeto em si, o próximo passo foi realizar o cálculo estrutural para verificar se as proporções definidas para vigas e pilares atendem a demanda estrutural ou se seria necessário fazer algum ajuste (FIG.17).

Figura 17 - Projeto Estrutural tridimensional



Fonte: Autora, 2018.

As dimensões definidas para as vigas foram de 20cm x 40cm e as flechas calculadas através do *CypeCAD* alcançaram resultados de 0 a 4mm, ou seja, neste caso em específico não foi necessário fazer ajustes nas dimensões.

As especificações de materiais utilizados foram as seguintes:

- Concreto: Elementos de Fundação com  $f_{ck}$  de 15MPa, em geral; Pisos, Pilares com  $f_{ck}$  de 20MPa, em geral;
- Aços em barra: CA-50 E CA-60 com  $f_{yk}$  de 500 a 600MPa;
- Aço dobrado CF-26 com limite elástico de 260MPa e módulo de elasticidade de 200GPa;
- Aço laminado A-36 com limite plástico de 250MPa e módulo de elasticidade de 200GPa.

Os dados referentes ao cálculo das lajes como momentos, taxas de armaduras e armadura de esforço, são apresentados na TABELA 1.

Tabela 1 - Valores referentes aos cálculos das lajes efetuados no *CypeCAD*

			Momentos			Taxas de Armadura			Armadura de reforça		
Laje	Dir.	Alt.	Esq.	Cent.	Dir.	Esq.	Cent.	Dir.	Sup. Esq.	Inf. Centro	Sup. Dir.
L4	X	0.1	2.35	4.35	2.43	0.82	1.52	0.85	Ø4. 2c/16	Ø 5c/13	Ø
	Y	2	2.39	6.02	11.4 1	0.84	2.10	3.99	Ø4.2c/16	Ø 6.3c/14	4.2c/16 Ø 8c/12.5
L1	X	0.1	0.75	1.65	1.07	0.26	0.58	0.37	Ø4.2c/20	Ø	Ø
	Y	2	8.02	1.46	0.74	2.80	0.51	0.26	Ø 6.3c/11	4.2c/20 Ø 4.2c/20	4.2c/20 Ø 4.2c/20
L3	X	0.1	1.31	1.71	0.52	0.46	0.60	0.18	Ø 4.2c/20	Ø	Ø
	Y	2	6.46	2.17	0.69	2.26	0.76	0.24	Ø 6.3c/13	4.2c/20 Ø 4.2c/18	4.2c/20 Ø 4.2c/20
L2	X	0.1	1.01	-0.27	0.89	0.35	-0.09	0.31	Ø 4.2c/20	-----	Ø
	Y	2	11.3 7	1.14	0.31	3.97	0.40	0.11	Ø 8c/12.5	Ø 4.2c/20	4.2c/20 Ø 4.2c/20

Fonte: *CypeCAD*, 2018.

Ainda sobre o cálculo estrutural, o programa *CypeCAD* apresentou o quantitativo de materiais utilizados para a estrutura da edificação (TABELA 2).

Tabela 2 - Valores de quantitativo para a execução da estrutura calculada no CypeCAD

<b>Piso 1 – Superfície total: 11.40 m<sup>2</sup></b>			
Elemento	Formas (m <sup>2</sup> )	Volume (m <sup>3</sup> )	Barras (Kg)
Vigas: fundo	10.96	3.54	138
Forma lateral	32.40		
Pilares (Sup. Formas)	1.76	0.11	168
Total	45.12	3.65	306
Índices	3.958	0.320	26.84
<b>Piso 2 – Superfície total: 61.76 m<sup>2</sup></b>			
Elemento	Formas (m <sup>2</sup> )	Volume (m <sup>3</sup> )	Barras (Kg)
LAJES	52.62	6.31	350
Vigas: fundo	8.70	4.04	129
Forma lateral	31.28		
Pilares (Sup. Formas)	22.56	1.10	41
Total	115.16	11.45	520
Índices (por m <sup>2</sup> )	1.865	0.185	8.42
<b>Total obra – Superfície total: 73.16 m<sup>2</sup></b>			
Elemento	Formas (m <sup>2</sup> )	Volume (m <sup>3</sup> )	Barras (Kg)
LAJES	52.62	6.31	350
Vigas: fundo	19.66	7.58	267
Forma lateral	63.68		
Pilares (Sup. Formas)	24.32	1.21	209
Total	160.28	15.10	826
Índices	2.191	0.206	11.29

Fonte: CypeCAD, 2018.

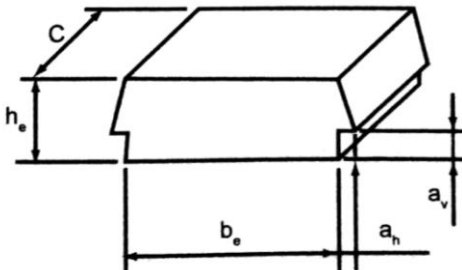
Para o presente trabalho, o cálculo estrutural em si não é o foco principal, e sim, a dimensão final das estruturas de vigas e pilares, principalmente, pois esta atua diretamente na modulação. No caso de transcrever essa prática para a aplicação no cotidiano, tornaria interessante rever a estrutura depois de calculada e verificar possíveis pontos que gerassem economia a obra, como no caso de vigas com altura maiores que a necessária para atender os esforços.

Outro ponto a ser considerado em relação ao cálculo estrutural é a utilização da laje maciça. Se tratando de uma habitação social, o mais viável economicamente seria a aplicação da laje pré-fabricada. Porém, de acordo com as dimensões

padronizadas dos elementos de enchimento, estes não atenderiam às normas de modulação (TABELA 3).

Tabela 3 - Dimensões padronizadas dos elementos de enchimento (medidas em centímetros)

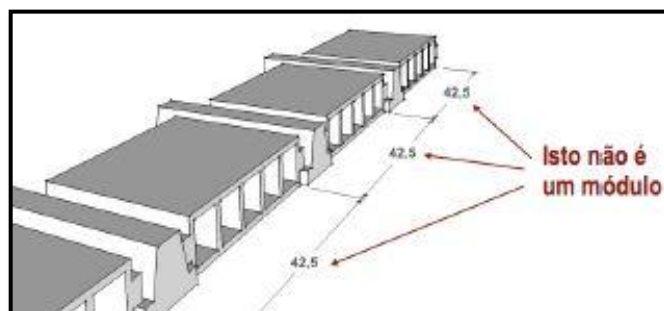
<b>Altura (<math>h_e</math>) nominal</b>		7,0 (mínima); 8,0; 9,5; 11,5; 19,5; 23,5; 28,5
<b>Largura (<math>b_e</math>) nominal</b>		25,0 (mínima); 30,0; 32,0; 37,0; 39,0; 40,0; 47,0; 50,0
<b>Comprimento (<math>c</math>) nominal</b>		20,0 (mínimo); 25,0
<b>Abas de encaixe</b>	<b>(<math>a_v</math>)</b>	3,0
	<b>(<math>a_h</math>)</b>	1,5



Fonte: CARVALHO, 2016.

O módulo da Coordenação Modular é sempre de 10cm. É exatamente isso que facilita combinar componentes diversos entre si, porém não é o caso das lajes pré-fabricadas comuns, com vigotas de concreto e lajotas cerâmicas. O tipo mais frequente no mercado tem uma medida inteiros de 42,5cm. Como essa medida se repete, costuma-se dizer que ela seria o “módulo” da laje. Mas, na realidade, ela não é modular (FIG 18).

Figura 18 - Medidas nominais da laje pré-fabricada.



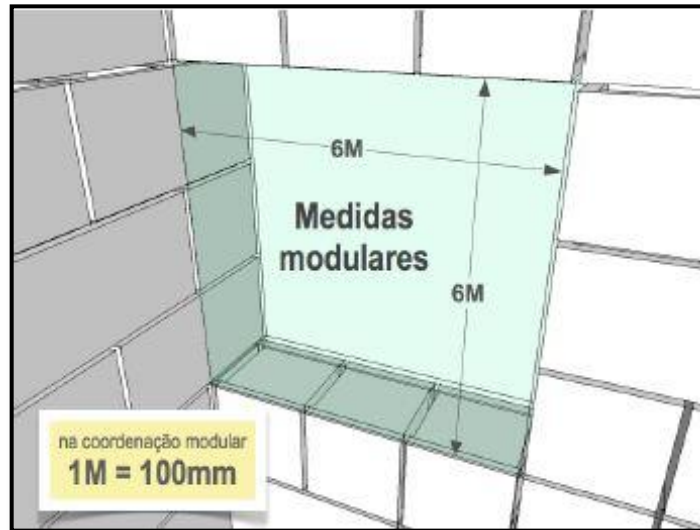
Fonte: MOM. Morar de Outras maneiras, 2013.

As medidas nominais dos componentes geram uma largura de coordenação que não é múltipla de 10cm. Se somar quatro conjuntos desses, obteriamos uma largura de coordenação de 1,70m, que equivale a 17M. Mas essa medida é difícil de coordenar com outros componentes da construção. A cada projeto, é preciso fazer ajustes relativamente complexos. Por exemplo, a planta de uma casa coordenada modularmente e projetada para uma alvenaria comum de bloco cerâmico cujas medidas modulares são 20cm x 20cm x 40cm, na última fiada, a do cintamento, apóia-se a laje pré-fabricada. Com o intereixo de 42,5cm, a distribuição das vigotas nesse projeto é incompleta ou excede ao espaço. Sempre sobra ou falta um pedaço, e o ajuste teria de ser feito caso a caso. Seria relativamente simples produzir uma laje pré-fabricada que fosse de fato modular. Bastaria modificar a largura da lajota cerâmica, para que somada à largura da vigota e à folga para tolerâncias, a largura de coordenação do conjunto fosse de 40cm ou 4M. Quatro conjuntos justapostos teriam agora 1,6m. Em uma planta coordenada modularmente, seria fácil distribuir as vigotas sem perdas ou ajustes. A existência de um módulo básico, compartilhado por todos os agentes, é a chave da Coordenação Modular. Sem ele, existe apenas coordenação dimensional, isto é, uma espécie de malabarismo de medidas resolvidas caso a caso.

Quando todos os componentes utilizados são modulares os vazios resultantes também terão medidas modulares, por exemplo, os vãos das janelas. O fabricante da esquadria toma exatamente o mesmo vão modular por referência para definir as medidas nominais do seu produto.

Para dimensionar um componente modular, a primeira prática realizada foi definir suas medidas de coordenação. Por exemplo: um componente para um vão de janela com medidas de coordenação de 60cm x 60cm, ou seja, 6M x 6M (FIG 19).

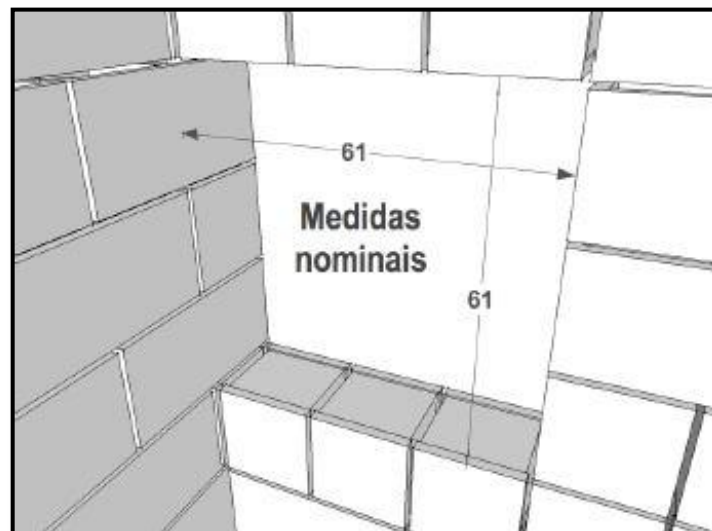
Figura 19 - Medidas modulares



Fonte: MOM. Morar de Outras maneiras, 2013.

Supõe-se que esse vão esteja numa alvenaria que tem juntas de 1cm, em média. Teoricamente, o vão terá 61cm x 61cm: esta é sua medida nominal (FIG. 20).

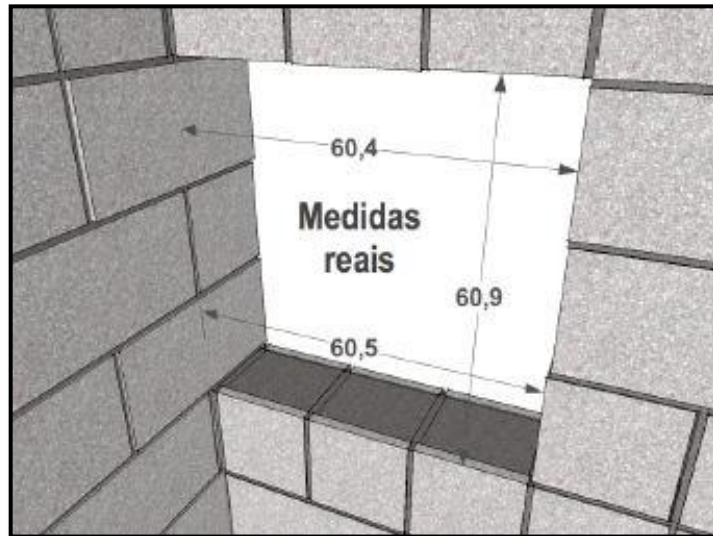
Figura 20 - Medidas nominais



Fonte: MOM. Morar de Outras maneiras, 2013.

Mas não se pode contar com esse espaço para esquadria, porque a folga de 1cm faz parte do espaço de coordenação da alvenaria e pode ser usado para absorver suas tolerâncias. O vão real é sempre um pouco maior ou menos do que o vão nominal (FIG. 21).

Figura 21 - Medidas Reais



Fonte: MOM. Morar de Outras maneiras, 2013.

A idéia é que o fabricante da esquadria raciocine sempre a partir do vão de coordenação: 6M x 6M. Visto que uma esquadria com as mesmas medidas, não caberia nesse vão. É necessária uma folga perimetral. Para esta esquadria específica, a folga deveria ser de 2cm de cada lado. Nesse caso, a medida nominal de fabricação da esquadria seria de 56cm x 56cm. Assim, mesmo que existam variações na alvenaria, os 2cm para a instalação estão garantidos desde que o construtor também siga a Coordenação Modular e não deixe a alvenaria invadir o vão modular.

Para uma mesma medida modular, podem existir diversas medidas nominais. Outra esquadria, feita com um material mais preciso ou que sofre menos dilatação, pode exigir uma folga perimetral menor. Ou pelo contrário, o material pode exigir uma folga maior, isto é, mais tolerância de fabricação ou mais espaço para a instalação, por exemplo. Esta folga variável entre a medida modular e a medida nominal é chamada de ajuste de coordenação. Dependendo das características do componente, esse ajuste deve ser suficiente para absorver tolerâncias de fabricação, de marcação e de assentamento, deformações mecânicas e dilatações térmicas ou por umidade. Além disso, ele é o espaço do material de conexão e, eventualmente, o espaço de manobra das ferramentas usadas na instalação. Devido a estes fatores, a coordenação de um componente com seus vizinhos só são possíveis quando o ajuste de coordenação é corretamente dimensionado.

Considerando o município de Formiga e a região, encontrar esquadrias que se adaptem a Coordenação Modular não seria um empecilho para a concretização de um projeto como o proposto neste trabalho. A grande maioria das esquadrias utilizadas são fabricadas em alumínio, vidro e madeira e, geralmente são encomendas especificamente para aquela edificação. Logo, a adaptação à norma seria algo simples e praticável.



## 6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir da prática de elaborar um projeto arquitetônico e estrutural que atendesse à Norma de Coordenação Modular, foi possível concluir que não se trata de uma tarefa difícil e ainda conta com benefícios como:

- Diminuição do desperdício e, conseqüentemente, da geração de resíduos sólidos, visto que não é preciso cortar, serrar, quebrar ou lixar nenhum material, seja ele maleável ou não, para que se adéquem às dimensões dos vãos;
- Economia financeira: uma vez que não tem desperdício, os gastos com materiais também diminuem;
- Otimização do tempo no processo de execução se comparado a edificações realizadas em alvenaria convencionais não modulares;
- Diminui a possibilidade de possíveis erros de execução e medidas.

Segundo Lucena (2005), no Brasil, os resíduos de construção civil são compostos, principalmente, de tijolos, areias e argamassas (em torno de 80%). Numa menor proporção foram encontrados ainda restos de concreto (9%), pedras (6%), cerâmica (3%), gesso (2%) e madeira (1%). Ainda os resíduos de tijolo, argamassa e areia são os mais gerados independentemente do tipo de obra considerada, uma vez que as suas porcentagens não variam significativamente entre um tijolo e outro. Considerando essas informações, é possível perceber as vantagens em relação à economia financeira ao final da obra e também a ideia de uma obra mais limpa somente utilizando a técnica de Coordenação Modular como requisito para a elaboração de projetos arquitetônicos e estruturais. Em se tratando de habitações de interesse social, essa economia de materiais se torna ainda mais interessante, uma vez que o recurso liberado pelo financiamento, por muitas vezes, não é suficiente, mesmo sendo previamente definido e calculado.

Apesar dos inúmeros benefícios, não se pode ignorar que, para a Coordenação Modular se tornar uma prática vigente e comum, faz-se necessárias muitas adaptações por parte dos profissionais envolvidos na concepção dos projetos e na construção e, também, em relação aos materiais disponíveis no mercado. Obviamente, para que esta aplicação obtenha o melhor resultado esperado, tanto a

superestrutura quanto a parte de acabamentos precisam estar em comum acordo com as normas de modulação. Assim, os benefícios serão maiores e mais visíveis.

As desvantagens dessa prática se encontram relacionadas ao fato de estar sempre preso a medidas modulares, o que talvez possa gerar gastos maiores na hora de adaptar o projeto a coordenação, utilizando muitas vezes estruturas maiores que as necessárias simplesmente para atender à norma, como podem acontecer no cálculo de vigas e pilares.

Outro ponto a ser considerado está relacionado à espessura das paredes que também ficam limitadas a medidas modulares. Por exemplo, uma parede de 10cm pode ser considerada muito fina para determinada função e uma de 20cm muito espessa. Assim, a escolha da espessura da parede interfere diretamente no custo da obra.

## 7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

No projeto e construção de habitação de interesse social, além da aplicação das diretrizes arquitetônicas para satisfazer as necessidades de conforto dos usuários, é essencial a diminuição dos custos sem afetar a qualidade da edificação.

Vários fatores interferem na redução do preço final de um projeto arquitetônico, entre eles estão o aproveitamento dos materiais sem gerar desperdícios e a facilidade de montagem que irá reduzir o tempo no canteiro de obras. Ambos podem resolver-se por meio da racionalização da construção auxiliada pela aplicação dos princípios de coordenação modular.

No presente trabalho foi realizado o projeto em alvenaria convencional com o propósito de demonstrar que a utilização de módulos pode ser tão funcional quanto praticável a realidade de Formiga e região, o que não limita o fato da técnica poder ser levada para outros patamares, maximizando os benefícios e vantagens.

Portanto, como toda prática, a Coordenação Modular possui grandes vantagens, mas ainda necessita de algumas adaptações para se tornar uma prática diária nos escritórios, construtoras e canteiros de obras, mas que, no geral, é apenas uma questão de adequação de materiais às normas e disponibilidade de recursos e profissionais para implementar a técnica.

## REFERÊNCIAS

ANDRADE, M. L. V. X. **Coordenação Dimensional como Ferramenta para a Qualidade em Projetos de Habitação Popular**. 2000 208p. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo). Escola de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de Brasília, Brasília.

ÂNGULO, S. C.; ULSEN, C.; KAHN, H.; JOHN, V. M. **Desenvolvimento de novos mercados para a reciclagem massiva de RCD**. In: SEMINARIO DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL E A RECICAGEM NA CONSTRUÇÃO CIVIL – CT 206 IBRACON, 5., 2002, São Paulo.

ARRETCHE, Marta T. S. **Estado e mercado na provisão habitacional: três modelos de política**. 260f. Dissertação (Mestrado em Ciência Política) – Instituto de Filosofia e Ciências Humanas, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2006.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT) **NBR 10004: 2004** Resíduos Sólidos - Classificação. Rio de Janeiro, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT) **NRB 15873: 2010** **Coordenação Modular para Edificações** - Procedimento. Rio de Janeiro, 2010.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 15.575** **Desempenho de Edificação Habitacional** - Procedimento. Rio de Janeiro, ABNT, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 6118** **Projeto de Estruturas de Concreto** - Procedimento. Rio de Janeiro, ABNT, 2007.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 6136: 1994 Bloco vazado de concreto simples para alvenaria estrutural** - Procedimento. Rio de Janeiro, 1994.

BEZERRA JUNIOR, Francisco da Rocha. **Habitação social evolutiva: Estratégias de flexibilidade para elaboração de projetos de habitação de interesse social.** Uma proposta para Mãe Luiza/Natal-RN. Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo / Mestrado Profissional em Arquitetura, Projeto e Meio Ambiente. Natal, 2016.

BONELLI, Cláudio M.C., **Meio ambiente, poluição e reciclagem.** 2 ed., Blucher, São Paulo: 2011.

BONDUKI, Nabil. **Onovo papel do município na questão da habitação.** Revista de Debate da FASE, ano 27, n. 77, 1998.

BONDUKI, Nabil. **Origem da habitação social no Brasil.** Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1994.

CARELI, E.D. **A resolução CONAMA n. 307/2002 e as novas condições para a gestão dos resíduos de construção e demolição.** 2008. 155 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza, São Paulo, 2008.

CARVALHO, R. C. **Concreto Armado: Segundo a NBR 6118:2014.** 4. ed. São Carlos, EdUFSCar, 2016. 415p.

EMILIANO, E. O. **Legislação para Habitação de Interesse Social: estudo de caso do município de Campinas.** Dissertação do Curso de Mestrado em Urbanismo, Universidade Católica de Campinas, Campinas, São Paulo, 2006.

FERREIRA, M. S.; BREGATTO, P. R.; D'AVILA, M.R. **Coordenação Modular e Arquitetura: Tecnologia, Inovação e Sustentabilidade**. São Paulo: USP, 2008. 8p.

GREVEN; H. **Coordenação Modular, Técnicas não convencionais em edificação**. PortoAlegre: Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, 2000.

LARCHER, J.V.M; PEREIRA, A.C.W.; GAIA, S.; SANTOS, A. dos. **A incorporação de conceitos das novas filosofias da construção de projetos de habitação de interesse social**. In; WORKSHOP BRASILEIRO DE GESTÃO DO PROCESSO DE PROJETO NA CONSTRUÇÃO DE EDIFÍCIOS, 4., 2015, Curitiba. Anais...Curitiba: UFPR, 2015. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/1884/3514>>33. Acesso em 14 setembro de 2018.

Lei Municipal de Campinas nº 10.410 de 17/01/2000 – Empreendimentos Habitacionais de Interesse Social. Disponível em: <<http://www.campinas.sp.gov.br/bibjuri>> Acesso em: maio 2018.

LUCENA, L. F. L.; NEVES, G. A.; NASCIMENTO, J. D.; OLIVEIRA, D. F. **Diagnóstico da geração de resíduos da construção civil no Município de Campina Grande**. In: simpósio brasileiro de gestão e economia da construção, 4., encontro latino-americano de gestão e economia da construção, 1., Porto Alegre. Anais... Porto Alegre, 2005.

MANCINI, S. D. **Entulho: o resíduo da construção**. Cruzeiro do Sul. Unesp. Sorocaba, 2017. Disponível em <<http://www2.jornalcruzeiro.com.br/materia/807725/entulho-o-residuo-da-construcao>>. Acesso em: 21 de setembro de 2018.

MANO, E. B.; BONELLI, C. M. C. **Meio ambiente, poluição e reciclagem**. 2. ed. São Paulo: Blucher, 2010. 220p.

MASCARO, J. L. **O custo das decisões arquitetônicas: como explorar boas idéias com orçamento limitado**. 5. ed. Masquatro, 2010. 184p.

MEADOWS, Donella H.; MEADOWS, Dennis L. & RANDERS, Jorgen. **Beyond the limits- confornting global colapse envisioning a sustanaible future.** Vermont: Chelsea Green Publishing Company, 1996.

MORALES, G; MENDES, T.; ANGULO, S.C. **Índices de geração de RCD provenientes de obras de construção, reforma e demolição na cidade de Londrina/PR.** In: II Congresso Internacional na Recuperação, Manutenção e Restauração de Edificações, 2006, Rio de Janeiro: 2006. v.1.

RIBEIRO, D. V.; MORELLI, M. R. **Resíduos sólidos: problema ou oportunidade?** 1. ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2009. 158p.

SATO, Michèle. **Formação em educação ambiental - da escola à comunidade.** In: Panorama da Educação Ambiental no Brasil. Brasília: MEC, março de 2000, 5-13.

SILVA, C. A. R. **Estudo do agregado reciclado de construção civil em misturas betuminosas para vias urbanas.** Diss. Mestrado, Universidade Federal de Ouro Preto, MG (2009).

SOUZA, U.E.L. et al. **Diagnóstico e combate à geração de resíduos na produção de obras de construção de edifícios: uma abordagem progressiva.** Ambiente Construído, v. 4, n. 4, p. 33-46, 2004.

KARPINSKI, L. A. **Proposta de gestão de resíduos sólidos da construção civil para o município de Passo Fundo-RS.** 2007. 154 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia). Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo.

ZORDAN, S. E. **A utilização do entulho como agregado, na confecção do concreto.** 1997. 140 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.