



Universidade Federal de Ouro Preto

Escola de Minas

Departamento de Arquitetura e Urbanismo

Trabalho Final de Graduação

**FLEXIBILIDADE CONSTRUTIVA EM HABITAÇÃO DE
ALVENARIA ESTRUTURAL**

Carlos Alexandre Ribeiro Thomaz

Ouro Preto

2019

Carlos Alexandre Ribeiro Thomaz

FLEXIBILIDADE CONSTRUTIVA EM HABITAÇÃO DE ALVENARIA ESTRUTURAL

Trabalho Final de Graduação (1ª Etapa) apresentado ao Curso de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal de Ouro Preto, como requisito parcial para a obtenção do grau de Bacharel(a) em Arquitetura e Urbanismo.

Orientadores: Giselle Mascarenhas
Rodrigo Nogueira

Ouro Preto

2019



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
Universidade Federal de Ouro Preto
Escola de Minas
Departamento de Arquitetura e Urbanismo



ATA DE DEFESA DE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

Em 09 de dezembro de 2019, reuniu-se a banca examinadora do trabalho apresentado como Trabalho de Conclusão de Curso Arquitetura e Urbanismo da Escola de Minas da UFOP, intitulado: **FLEXIBILIDADE CONSTRUTIVA EM HABITAÇÃO DE ALVENARIA ESTRUTURAL**, do aluno(a) **CARLOS ALEXANDRE RIBEIRO THOMAZ**.

Compuseram a banca os professores(as) **RÓDRIGO DA CUNHA NOGUEIRA, SULAMITA FONSECA LINO, ADRIANO PINTO GOMES**. Após a exposição oral, o(a) candidato(a) foi arguido(a) pelos componentes da banca que reuniram-se reservadamente, e decidiram, APROVADO com a nota 8,0 (oito)

Orientador(a)

Avaliador 1

Avaliador 2

Agradecimentos

Agradeço aos meus pais, Carlos Alberto e Maria Madalena por nunca negarem esforços para que eu conseguisse completar com êxito essa etapa de vida. Obrigado por todo amor, e apoio em todos os momentos. À minha irmã Dayana, por todo afeto e cumplicidade.

Agradeço aos meus amigos, por me acompanharem sempre, dando suporte, força e deixando esse trajeto mais feliz.

Carinhosamente agradeço cada mestre que passou por minha história acadêmica, que contribuiu para minha graduação e que levarei como exemplo para minha vida profissional. Agradeço, em especial, aos meus orientadores Giselle Oliveira Mascarenhas e Rodrigo da Cunha Nogueira, por todo apoio e paciência ao longo da elaboração do meu projeto final de graduação, pelos bons conselhos e por acreditarem sempre no meu potencial.

Também gostaria de deixar um agradecimento especial ao grupo pesquisa “Sistemas, subsistemas e componentes construtivos brasileiros aderentes à metodologia Open Building, em parceria UFOP e Izabela Hendrix, ao qual fiz parte, obrigado por todo conhecimento compartilhado, sendo de suma importância para a elaboração desse trabalho.

E por fim agradeço a Ouro Preto e a UFOP pelo acolhimento e os ensinamentos ao longo de toda graduação.

RESUMO

Este trabalho apresenta algumas diretrizes para o desenvolvimento de proposta projetual de uma habitação em alvenaria estrutural com estratégias de flexibilidade construtiva. Para isso, apresenta-se, inicialmente, um breve histórico do sistema construtivo em alvenaria; na sequência evidencia-se como ocorreu a popularização e disseminação desse sistema até chegar às diretrizes de flexibilização do sistema construtivo de alvenaria estrutural no Brasil, para então focar no objeto de estudo. Como produto desse trabalho, propõem-se um projeto arquitetônico formulado a partir das diretrizes desenvolvidas, em que se busca a flexibilização arquitetônica de um edifício vertical para habitação multifamiliar, oferecendo maior variedade de tipologias habitacionais e possibilitando futuras alterações nas residências ao longo do tempo.

Palavras-chave: Alvenaria estrutural, flexibilização arquitetônica, habitação multifamiliar, flexibilidade.

ABSTRACT

This paper presents some guidelines for the development of a project proposal for a structural masonry housing with strategies of constructive flexibility. Therefore, initially we present a brief history of the masonry construction type; the following shows how this system became popular and disseminated until it reaches the guidelines for the flexibility of the structural masonry construction system in Brazil, and then focused on the object of study.

As a product of this paper, we propose an architectural project formulated from the developed guidelines, in which the architectural flexibility of a vertical building for multifamily housing is sought, offering a greater variety of housing typologies and enabling future changes in residences over time.

Keywords: Structural masonry, architectural flexibility, multifamily housing, flexibility.

Lista de figuras

Figura 1- Conj. habitacional em Uberaba-MG	11
Figura 2- Conj. habitacional em São Paulo de Olivença-AM	11
Figura 3 - Residencial Parque Unibello - Uberaba	12
Figura 4 - Residencial Parque Utah - Uberaba.....	12
Figura 5 - Residencial Parque Upper - Uberaba.....	12
Figura 6 - Pinacoteca do estado de São Paulo - 1897 (alvenaria de tijolos)	16
Figura 7- Campanha Nacional de cimento Portland.	17
Figura 8- Curso de Concreto Armado por Correspondência	17
Figura 9 - Cronologia.....	20
Figura 10 - Exemplos de amarração direta.....	24
Figura 11 - Exemplo de amarração indireta.....	25
Figura 12 - Detalhe da amarração indireta	25
Figura 13 - Exemplo de elevação de parede	26
Figura 14 - Arranjos de paredes estruturais mais utilizados	28
Figura 15 - balanços em sacadas.....	29
Figura 16 - Sacadas (a) confinada, (b) parcialmente em balanço	30
Figura 17 - Vergas e contravergas	31
Figura 18 - Plantas-baixas - Edifício de Apartamentos – Mies van der Rohe.....	34
Figura 19- Fachada - Edifício de Apartamentos – Mies van der Rohe.	35
Figura 20 - Plantas-baixas com variações na subdivisão das unidades - Edifício de Apartamentos – Mies van der Rohe.	35
Figura 21- Vistas internas.....	36
Figura 22 - Vista aproximada da divisória.	36
Figura 23 - Vista interna.	37
Figura 24 - Plano modular de 3 pés e 4 polegadas.	40
Figura 25 - Packaged House, 1943.	40
Figura 26 - Entorno imediato	44
Figura 27 - Parâmetros urbanísticos	45
Figura 28 - Implantação.....	46

Figura 29 - Áreas dos apartamentos, Torre 1 e Torre 2 respectivamente	47
Figura 30 - Escada em estrutura metálica independente	48
Figura 31 - Escada após a elevação do primeiro pavimento.....	48
Figura 32 - Escada após a finalização de todos os pavimentos.....	49
Figura 33 - Família 29 de blocos estruturais.....	50
Figura 34 - Primeira e segunda fiada Torre 1 (sem escala).....	51
Figura 35 - Primeira e segunda fiada Torre 1 (sem escala).....	52
Figura 36 - Primeira e segunda fiada Torre 1 (sem escala).....	53
Figura 37 - Primeira e segunda fiada Torre 1 (sem escala).....	54
Figura 38 - Elevação de parede (sem escala)	55
Figura 39 - Layout Torre 1 (sem escala)	56
Figura 40 - Layout Torre 1 (sem escala)	57
Figura 41 - Layout Torre 2 (sem escala)	58
Figura 42 - Layout Torre 2 (sem escala)	59
Figura 43 - fachada frontal.....	60
Figura 44 - Fachada frontal	61
Figura 45 – Corte.....	61

Sumário

INTRODUÇÃO	9
1. O USO DA ALVENARIA NAS HABITAÇÕES BRASILEIRAS	14
2. POPULARIZAÇÃO E DISSEMINAÇÃO DA ALVENARIA ESTRUTURAL NO BRASIL	21
3. ESTRATÉGIAS PARA PROJETO EM ALVENARIA ESTRUTURAL.....	23
4. FLEXIBILIDADE	31
4.1. Conceitos e teorias da flexibilidade.....	31
4.2. Contextualização histórica	32
4.3. Elementos projetuais facilitadores para flexibilidade.....	38
5. MODULAÇÃO ESTRUTURAL.....	39
6. PROPOSTA PROJETUAL	43
CONSIDERAÇÕES.....	62
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	63

ANEXO I – Projeto Arquitetônico.

INTRODUÇÃO

Nos primórdios da colonização brasileira a alvenaria começa a ser utilizada, e até chegar a seu ápice de maior emprego passou por diversos testes e transformações (NEVES e FARIA, 2011). A tecnologia firma-se com o tijolo na metade do século XIX, ganhando destaque em obras públicas ao atingir um alto nível de realizações técnicas. Posteriormente, perde prestígio para estruturas metálicas importadas, que não se mantêm com o aparecimento do cimento e a consequente difusão do concreto armado¹, que mesmo sendo também importado era mais econômico do que as peças de metal (SILVA, 2003).

Com a primeira Grande Guerra as importações das estruturas metálicas são dificultadas, acelerando assim a implantação da primeira fábrica de cimento *Portland* nacional em 1926, que tem boa aceitação no país. Em 1930 o cimento ultrapassa o consumo de materiais importados e populariza em todo território nacional as estruturas reticuladas de vigas e pilares em concreto, comumente conhecidas como “estrutura convencional” acompanhadas do uso de alvenaria para vedação (SILVA, 2003).

Além das alvenarias que servem como painéis de fechamento e vedação, para maior entendimento e compreensão no decorrer do texto, é necessário destacar a definição de alvenaria estrutural que, de acordo com a ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas (2011), abrange:

“**Alvenaria estrutural não armada**, sistema estrutural onde apenas as paredes de alvenaria formam a estrutura, utilizando de armaduras sem função estrutural, nesse caso as armaduras existentes são apenas construtivas, de modo a prevenir patologias (como fissuras) e fazer a ligação entre os elementos da alvenaria; **Alvenaria estrutural armada**, são estruturas de alvenaria nas quais são dispostas armaduras ao longo do componente estrutural, constituindo um conjunto solidário com os

¹ O concreto armado mesmo sendo também importado era mais econômico que as peças de metal e por isso tem maior aceitação no país.

elementos da alvenaria, para resistir aos esforços. As armaduras são colocadas nos vazios dos blocos, que são posteriormente preenchidos com graute², aumentando assim a resistência da alvenaria sem aumentar a espessura da parede ou utilizar um bloco mais resistente; e **Alvenaria estrutural protendida**, é o processo construtivo em que existem armaduras ativas na alvenaria chamadas protensão, e tem como objetivo aplicar tensões de compressão no sistema antes da atuação das demais ações, para diminuir as tensões de tração que surgem com a estrutura em uso, aumentando a resistência à flexão”.

Após um longo período de amadurecimento da técnica, os primeiros prédios em alvenaria armada surgem em 1966 e já aqueles com uso da alvenaria de vedação iniciam-se em 1972, ambos em São Paulo (CAMPOS, 2017). Com a recessão econômica na década de 1980 que afeta o mercado da construção civil, houve uma busca pela redução de custos do método construtivo. À essa busca pela racionalização construtiva há uma junção universidade-empresa, uma parceria na busca de aperfeiçoar a técnica e atingir seu potencial de economia, posteriormente aos diversos anos de pesquisas e aprimoramento há a consolidação da alvenaria estrutural (SABBATINI, 2003).

A alvenaria armada com blocos autoportantes se torna a tecnologia construtiva dominante na habitação social brasileira no final dos anos 1980, coincidindo com os anos finais dos financiamentos para baixa renda operados pelo extinto Banco Nacional da Habitação (BNH), (BARAVELLI, 2014). A tecnologia atinge seu apogeu de disseminação com a criação do Programa do Governo Federal Minha Casa Minha Vida (PMCMV) em 2009. Por meio do PMCMV que oferecia variadas linhas de subsídio para as empresas nacionais construírem 3,75 milhões de moradias até o final de 2014. Há a difusão ao longo de todo território nacional da produção em massa de habitações construídas, prioritariamente, em alvenaria estrutural (SHIMBO, 2010).

² Concreto fluido e composto por agregados pequenos, utilizado para preencher os vazios dos blocos em determinados pontos da estrutura, aumentando assim a capacidade portante da alvenaria estrutural (RAMALHO; CORREA, 2003 p.8)

Ao analisar a produção do PMCMV identifica-se uma reprodução tipológica genérica de habitações, como se observam nas (Fig.1 e 2), o que motiva essa pesquisa a buscar entender os motivos que levaram isso a acontecer.

Figura 1- Conj. habitacional em Uberaba-MG



Fonte: Prefeitura de Uberaba, 2012.

Figura 2- Conj. habitacional em São Paulo de Olivença-AM



Fonte: Jornal do Commercio, 2010.

A determinação de uma tipologia construtiva de moradias enrijece sua ocupação e determina um perfil de usuário. Partindo do princípio que cada morador é único e tem especificidades pessoais e regionais, a replicação massiva dessas tipologias, que no geral também não leva em consideração aspectos naturais de sua inserção, tais como relevo, insolação, ventos dominantes, no geral empregam soluções ruins. Nesse contexto são utilizados sistemas construtivos que favorecem a padronização e a replicação construtiva em larga escala pela pré-fabricação de seus elementos, tal como a alvenaria estrutural.

Diante da realidade brasileira, onde 73,22% das Habitações de Interesse Social são executadas em alvenaria estrutural (DELLA PENNA; SOUZA; MELO, apud BARAVELLI, 2014, p.55), de forma rígida e padronizada, essa pesquisa se propõe a verificar o potencial construtivo desse sistema construtivo e buscar propor um projeto flexível e modular para habitações econômicas.

Como recorte espacial dessa pesquisa, elege-se o município de Uberaba, terra natal do autor. Essa delimitação se dá pelo fato de a cidade também ser cenário da reprodução habitacional com uso do sistema estrutural de alvenaria (Fig. 3, 4 e 5).

Figura 3 - Residencial Parque Unibello - Uberaba



Fonte: MRV Engenharia

Figura 4 - Residencial Parque Utah - Uberaba



Fonte: MRV Engenharia

Figura 5 - Residencial Parque Upper - Uberaba



Fonte: MRV Engenharia

Esta pesquisa organiza-se em Introdução, quatro capítulos, uma proposta projetual e as considerações finais. Na introdução e no capítulo 1 há a apresentação do tema e as estratégias da pesquisa. O capítulo 2 trata de breve levantamento histórico do surgimento da alvenaria, contextualizando sua popularidade e uma cronologia de obras importantes em alvenaria estrutural no país. Já o capítulo 3 evidencia a popularização da alvenaria estrutural e sua disseminação em território brasileiro. Utilizando-se de conceitos, tecnologias e estratégias o capítulo 4 disserta sobre o projeto em alvenaria estrutural exemplificando etapas fundamentais objetivando entender o potencial construtivo desse sistema. No capítulo 5 o tema flexibilidade é

debatido, mostrando conceitos e elementos facilitadores que podem ser aplicados nas obras em alvenaria estrutural, servindo de parâmetro para a proposta projetual da pesquisa. No capítulo 6, a proposta projetual de uma habitação em alvenaria estrutural com estratégias de flexibilidade construtiva é apresentada com base nos conceitos citados no capítulo anterior. Nas considerações finais é feita uma análise geral de todo conteúdo apresentado enfatizando os resultados obtidos na confecção da proposta projetual.

1. O USO DA ALVENARIA NAS HABITAÇÕES BRASILEIRAS

A história da alvenaria brasileira se inicia nos primórdios da colonização a partir de técnicas construtivas em terra crua, pela abundância desse material, e da sua herança de Portugal. As principais técnicas empregadas na época foram o adobe, a taipa de pilão e o pau-a-pique (LOPES ET AL, 2013, apud PINHEIRO, 2016).

Uma das técnicas de construção mais primitivas e empregadas até hoje é a alvenaria de adobe³ (Fig. 6), os antigos construtores aprenderam que ao adicionar outros materiais ao solo ele potencializaria suas propriedades física, como por exemplo, ao acrescentar palha há melhora na retração do tijolo (NEVES E FARIA, 2011).

Já a taipa⁴ é a técnica que se difundiu em grande parte do território nacional sendo elemento preponderante na construção de prédios em que a durabilidade era prioridade (ABCI, 1990).

Outra técnica construtiva usada em várias regiões é o pau-a-pique⁵, também conhecido como técnica mista por combinar diversos materiais como a madeira, bambu, varas, palha, fibras, terra e, eventualmente, aglomerante (PINHEIRO, 2016).

A partir da metade do século XIX, o uso habitual da terra vai cedendo espaço ao aparecimento de materiais de construção industrializados, fazendo com que técnicas desenvolvidas com esse material sejam inutilizadas pelas grandes obras públicas e privadas, onde começam a concorrer com o gosto pelos padrões estéticos ditados pelos novos materiais (NEVES e FARIA, 2011).

³ Em geral, os adobes são fabricados por colocação manual da massa plástica, composta de terra e água, em um molde apoiado em base plano para desmoldagem imediata (PEREIRA, 2007).

⁴ A taipa é simplesmente terra apiloada, socada e para atingir a rigidez de estrutura ela requer uma espessura robusta (PEREIRA, 2007).

⁵ A técnica mista consiste em uma estrutura portante, de madeira, unida por entramados reticulados de madeira ou varas e coberta com uma massa plástica de terra (PEREIRA, 2007).

Além do desenvolvimento de novas tecnologias para construção civil, que provocaram o abandono da terra crua no Brasil, temos como fator relevante ao baixo emprego de técnicas tradicionais as políticas públicas de combate à doença de Chagas. Desde o ano de 1960 o governo brasileiro, por meio do Ministério da Saúde, adota políticas públicas para eliminar as casas de taipa, consideradas insalubres, já que podem servir como criadouro do besouro transmissor da doença de Chagas (PINHEIRO, 2016).

Também após a metade do século XIX é que se firma o uso dos tijolos cerâmicos tanto como estrutura quanto como vedação, sendo o seu período áureo entre os anos de 1850 a 1920. Nesse período há muitas realizações técnicas como o uso dessa tecnologia, a exemplo da Pinacoteca do Estado de São Paulo (Fig. 6), projetada em 1897, para abrigar o Liceu de Artes e Ofícios de São Paulo, que devido à falta de revestimento exhibe o alto grau técnico atingido com a alvenaria de tijolos. Nesse cenário há a elevação do tijolo a material nobre até a década de 1930 (SILVA, 2003)

Na cidade de São Paulo no final do século XIX, a sociedade enriquecida pela produção do café, começa a requerer novos padrões de moradias, utilizando o tijolo para representar o elevado *status* de suas casas (LEMOS, 1985).

Datado pelo incremento tecnológico dos setores produtivos, consta nesse período de ouro da alvenaria o início da produção da cal e da mecanização na produção de tijolos. Esses fatores resultaram no aumento da precisão geométrica e na redução dos erros de medida das peças, possibilitando uma uniformidade na largura das paredes, e na produção de portas e janelas (SILVA, 2003)

Figura 6 - Pinacoteca do estado de São Paulo - 1897 (alvenaria de tijolos)



Fonte: Vitruvius, 2015.

A partir da década de 30, após ser muito utilizada em vários segmentos da construção civil, de edifícios públicos a obras de contenção, a alvenaria vai perdendo sua ampla adoção enquanto solução estrutural, restringindo-se ao preenchimento de vãos e a estruturas de pequeno porte, sendo comum o aparecimento de edifícios com até 6 andares em estruturas metálicas importadas da Bélgica e da Inglaterra (SILVA, 2003)

Ainda na década de 1930 começaram a surgir propagandas de cimento (Fig.7), juntamente a difusão do concreto armado que se fazia por meio de cursos a distância (Fig.8). O principal argumento da difusão desses cursos era que qualquer pessoa com conhecimentos básicos de aritmética conseguiria executá-lo (MOM⁶, 2006).

⁶ MOM é um grupo de pesquisa, criado em 2004, sediado pelo Departamento de Projetos e pelo Programa de Pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo da Escola de Arquitetura da UFMG,

Figura 7- Campanha Nacional de cimento Portland.

Prolongando nossas vidas



A saúde é o elemento precioso não só para os vivos como também para os milhões que nela estão por nascer. • Um leite limpo, alimentos assados... água limpa... lugares que se tornaram essências mesmo para os mais humildes. O cimento Portland MAUA tem uma acção preponderante no melhoramento dos sistemas de esgotos, no controle das epidemias e na preservação da saúde individual ou colectiva. • Pastarias, padarias, açougues, fabricas de conservas ou sorveterias, são grandes consumidores de concreto devido à grande facilidade em conservá-lo limpo. • As fossas, cisternas e bordas de poços de concreto têm-se tornado uma garantia de saúde para milhares de fazendeiros. • Os hospitais e as escolas empregam exclusivamente o concreto por ser tão hygienico. • As donas de casa reconhecem que as habitações de concreto são as que mais facilmente se conservam limpas. • Como resultado do emprego do concreto nestes e em outros fins, a vida de hoje é prolongada e a mortalidade infantil está sendo reduzida. • Assim, está o cimento Portland MAUA contribuindo para a saúde e bem estar do país.

COMPANHIA NACIONAL DE CIMENTO PORTLAND
RIO DE JANEIRO

Fonte: A Casa, 1937, apud MOM – UFMG

Figura 8- Curso de Concreto Armado por Correspondência

Curso de Concreto Armado Por Correspondencia

Qualquer pessoa está habilitada a calcular concreto armado, desde que tenha conhecimentos rudimentares de arithmetica.

Orientação de técnicos especializados da Revista A CASA

PROGRAMMA	
I — NOÇES PRELIMINARES (3 aulas)	— Definição, Composição, Resistência, Densidade, Processo do concreto, Peças principais.
II — COLUMNAS (3 aulas)	— Pilar com Armadura simples. — Pilar com Armadura fretada.
III — LACES (7 aulas)	— Armado num só sentido. Com simples e dupla armadura. — Armado nos dois sentidos. — Marsaietes. — Loges com parte em consola.
IV — VIGAS (8 aulas)	— Secção rectangular. Com simples e duplo armado. — Secção em T. Idem.
V — FUNDACOES (3 aulas)	— Sapatas. — Radier.
VI — PARTE COMPLEMENTAR (7 aulas)	— Columna com Flexão-companha — Loges Theoria de Marcos — Loges Continuas — Vigas Continuas — Dobragem de Ferros — Cálculos de Escadas
VII — PROJECTO COMPLETO (1 aula)	

O Curso Completo constará de 30 aulas, dadas em 6 mezes, á razão de 50\$000 mensaes.

CURSO DE CONCRETO ARMADO POR CORRESPONDENCIA
Revista "A CASA" — Edifício Odeon, Sala 811 — Rio

Ilmos. Srs. M. L. Jordão & Cia. Peço-lhes inscrever-me no Curso de Concreto Armado por Correspondencia, enviando-lhes para tal fim a quantia de 50\$000, relativa á 1.ª mensalidade.

O alumno _____
Residencia _____ Cidade _____ Estado _____

Obs. — A importância acima deverá ser remetida por Vale Postal, Carta com Valor declarado ou cheque visado.

— 4 — — A CASA —

Fonte: Fonte: A Casa, 1937, apud MOM – UFMG

SILVA (2003) descreve que o concreto armado também se utilizava de materiais importados, mas, ainda assim, resultava em estruturas mais econômicas que as metálicas. Com a I Guerra Mundial, e a consequente dificuldade de importações dos materiais, acelerou-se o processo de produção nacional de cimento e em 1926 se instala a primeira indústria de cimento *Portland* no Brasil. “Em 1930, o consumo do produto nacional já supera o importado. A partir daí o emprego das estruturas de concreto já se generalizou até mesmo para estruturas mais singelas, como as residenciais de dois pavimentos.” (SILVA, 2003, p.38).

No entanto, apenas na década de 1970, é que as alvenarias se tornam foco das pesquisas acadêmicas e científicas-tecnológicas, quando a introdução dos processos construtivos em alvenaria estrutural contemplaria, em conjunto, as funções de estrutura e vedação, e desde então os progressos registrados são de grande importância e bem divulgados pela literatura (SILVA, 2003).

Com isso, ao longo desse grande período que se inicia na década de 30 e vai até a década de 70, surgiram no mercado diversas estruturas reticuladas composta de vigas e pilares de concreto armado e vedações em alvenaria de componentes cerâmicos maciços – tijolos cerâmicos de oito furos (1935), blocos de concreto celular autoclavado (1948), blocos vazados de concreto (1950) e os sílico-calcários (1974). Sendo esse sistema de concreto predominante em todas as cidades brasileiras em desenvolvimento, e reconhecido atualmente como o processo construtivo tradicional de edificações. (BARAVELLI, 2014).

Já os primeiros prédios brasileiros em alvenaria armada foram construídos em São Paulo, a exemplo do Conjunto Habitacional “Central Parque da Lapa”, de 1966 (Fig.9), enquanto a alvenaria estrutural não armada foi inaugurada no Brasil no ano de 1977, com a construção em São Paulo de um edifício de nove pavimentos em blocos sílico-calcário (CAMPOS, 2017).

Apenas com a recessão econômica, na década de 1980, e a redução de atuação do mercado da construção civil, é que começam a surgir iniciativas de introdução de mudanças organizacionais na indústria, quando “a racionalização da produção de edifícios construídos pelo processo construtivo tradicional passa a ser uma das

estratégias de ação das empresas construtoras para enfrentar a concorrência” (SILVA, 2003, p.42). E foi no início dessa década que os blocos cerâmicos foram introduzidos no uso em alvenaria estrutural.

De acordo com Silva (2003) a indicação para a conclusão de um convênio de desenvolvimento tecnológico universidade-empresa, foi a simplificação do processo construtivo tradicional de estruturas reticuladas, composta de vigas e pilares em concreto, buscando desenvolver metodologias e procedimentos que permitissem racionalizar as atividades construtivas e melhorar o desempenho dos edifícios construídos.

Após anos de adaptação e de desenvolvimento da técnica no país, a alvenaria estrutural foi efetivamente consolidada apenas na década de 80, através da normalização oficial (SABBATINI, 2003).

Figura 9 - Cronologia



1966

Conjunto habitacional Central Parque Lapa, São Paulo, obra residencial realizada com 4 pavimentos e paredes de 19cm.

1970

Edifício Muriti, São José dos Campos - SP, obra residencial de 16 pavimentos, foram utilizados blocos de 19 cm em alvenaria armada.



1972

Foram construídas mais 4 torres no Conjunto habitacional Central Parque, com 12 pavimentos em alvenaria armada, para uso misto.

1977

Edifício Jardim Prudência, São Paulo, obra residencial, pioneira ao não adotar alvenaria armada. Com 9 pavimentos e com paredes de blocos sílico-calcários de 24 cm de espessura



1988

Conjunto habitacional Parque das Flores, obra residencial, construída com blocos cerâmicos e utilização do mesmo bloco em obras estruturais diversas, armadas e não armadas.

1994

Edifício Solar dos Alcântaras, São Paulo, obra residencial de 24 pavimentos, em alvenaria armada com blocos de concreto de 14cm de espessura.



2. POPULARIZAÇÃO E DISSEMINAÇÃO DA ALVENARIA ESTRUTURAL NO BRASIL.

Como mencionado, a alvenaria armada com blocos autoportantes - a alvenaria estrutural - começa a se tornar a tecnologia construtiva dominante na habitação social brasileira, ao final dos anos 80, em paralelo aos anos finais dos financiamentos para baixa renda, operados pelo extinto Banco Nacional da Habitação (BNH) (BARAVELLI, 2014).

O BNH buscava responder a demanda crescente por moradias nas centralidades urbanas, para um público sem recursos financeiros. Essa demanda intensa gerou condições para o aumento do setor de edificações, de seus produtores de materiais e de componentes, que viram na industrialização e na pré-fabricação a resposta para tamanha procura fazendo uso de uma maior mecanização.

Segundo Silva (2003), foi nessa expansão que aconteceu o chamado “milagre brasileiro”, no fim da década de 1970 início de 1980, período datado no plano econômico, pela facilidade de acesso aos financiamentos. Justificado por um mercado aquecido por empréstimos estrangeiros, associado a uma política de empregos direcionada ao setor da construção civil, conveniente a sua capacidade de absorção de mão de obra não qualificada.

No ano de 1989 foi publicada uma norma nacional, a NB-1228, atual ‘NBR-10837 Cálculo de Alvenaria Estrutural de Blocos Vazados de Concreto’, tratando do cálculo da alvenaria estrutural, armada ou não armada, de blocos vazados de concreto. Segundo Campos (2017), no ano de 1990 há o aumento da conscientização para aperfeiçoar a técnica construtiva em alvenaria estrutural, o que resultou na redução de custos desse sistema, estabelecendo uma metodologia aplicável ao seu desenvolvimento com apresentação e avaliação de projetos executivos.

Baravelli (2014) apresenta dados em sua pesquisa afirmando que, entre o fim do BNH e o início do PMCMV, os empreendimentos habitacionais de baixo custo, utilizavam predominantemente o sistema construtivo reticulado de vigas e pilares

em concreto armado moldado no local, mas que logo se transferiu para o uso da tecnologia construtiva com blocos autoportantes. O autor ainda menciona que uma comparação relacionada aos custos unitários seria muito superficial para justificar a mudança de uma tecnologia para outra. Para tanto, tal comparativo deveria ser feito em orçamentos completos, pois são neles que emergem a racionalização de um sistema sobre o outro, e é esse o fator que impulsiona as construtoras do segmento da habitação econômica, a migrar entre sistemas construtivos. A seguinte passagem evidencia essa transição de tecnologias construtivas na produção habitacional brasileira:

“(...) desde o fim do BNH, como já apontado por Farah (1996), predomina o uso da alvenaria estrutural sobre os demais sistemas industrializados. Ademais, é com o PMCMV que essa tecnologia toma proporções de produção em massa, superando até mesmo o concreto armado.” (MASCARENHAS, 2015, p.70)

O PMCMV se apresentava com o discurso de superar o déficit habitacional; mas com a manutenção do desenvolvimento dos setores imobiliário e da construção civil, e a mobilização de diversas medidas de estímulo à produção habitacional, o programa se mostra como uma das principais ações do governo em reação à crise econômica internacional de 2008, aliado a uma política social de grande escala (SHIMBO, 2010). O Programa oferecia variadas linhas de subsídio para as empresas nacionais construir 3,75 milhões de moradias até o final de 2014, elevando a construção civil junto ao complexo exportador agro mineral, à base do desenvolvimento econômico do Brasil. (BARAVELLI, 2014).

Após vinte anos de estagnação nas políticas públicas em habitação, com o PMCMV há crescimento no setor da construção civil (BARAVELLI, 2014). É nesse momento em que há difusão da produção em massa de habitações, tendo como sistema construtivo principal a alvenaria estrutural.

De acordo com Shimbo (2010), atualmente a grande autonomia das empresas construtoras em relação ao Estado na política habitacional, no que diz respeito a concepção e execução das unidades habitacionais, define por meio da quantidade de habitações produzidas um indicador de *performance* da própria política, mesmo dependendo institucionalmente e financeiramente do agente público. Deixando

claro a falta do controle público sobre algo tão impactante na configuração das cidades.

Segundo Ermínia Maricato (2009) o PMCMV gerou grandes impactos negativos, em relação ao urbanismo, ocasionados pelas localizações inadequadas desses novos conjuntos.

Em sua tese Lucia Shimbo (2010) mostra que a alvenaria estrutural segue sendo o sistema construtivo mais utilizado na produção habitacional do segmento econômico do mercado imobiliário, e apresenta trechos de uma entrevista com um diretor de uma construtora onde ele é bem enfático ao dizer “Não vamos reinventar a roda”.

Outra desvantagem apresentada pelo PMCMV que é a replicação das habitações, desenvolvidas para um tipo familiar genérico e não para cada família em específico, aliada à impossibilidade de ampliação e modificação dos espaços, afetando diretamente na qualidade habitacional e na permanência dos usuários no local (FERREIRA, 2012).

3. ESTRATÉGIAS PARA PROJETO EM ALVENARIA ESTRUTURAL

O sucesso de uma obra em alvenaria estrutural inicia-se por um projeto adequado. Diferente dos projetos arquitetônicos dos sistemas tradicionais, ele possui além de condicionantes habituais, algumas restrições, como: volumetria, simetria, dimensões máximas de vãos e flexibilidade da planta (MOHAMAD; MACHADO; JANTSCH, 2017).

O que define as tecnologias construtivas e as soluções tecnológicas empregadas no projeto são as limitações de sistema, mão de obra e material disponível na região, agentes que afetam diretamente no custo, qualidade e tempo do empreendimento (MATEUS, 2004)

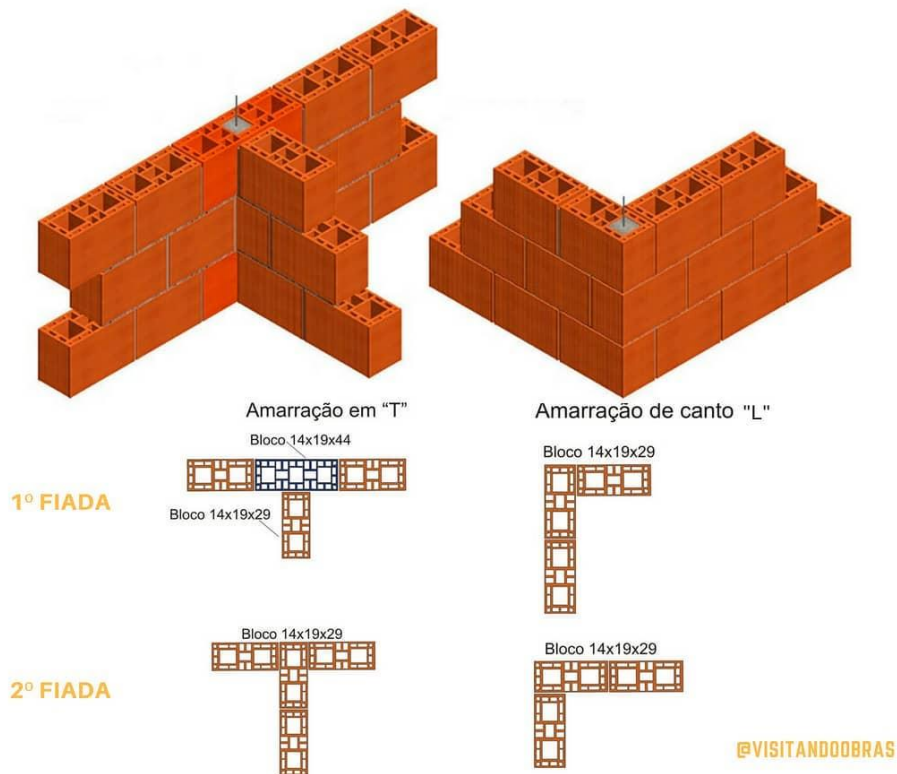
De acordo com Mohamad, Machado e Jantsch (2017) para ser melhor racionalização e viabilidade do sistema construtivo em alvenaria estrutural, devem ser considerados os seguintes aspectos: utilização de armaduras, interação entre

sistemas pré-moldados, projetos das instalações necessárias, utilização de shafts e divisórias leves, paginação de todas as paredes, detalhamento de vergas e contravergas, modulação das paredes estruturais apresentando a 1ª e 2ª fiadas e os pontos de grauteamento.

É estritamente recomendado usar sempre a amarração para enrijecimento da estrutura, a norma NBR 15961-1 define dois tipos de amarração. A direta (Fig. 10) como sendo o padrão de ligação de paredes por intertravamento de blocos, obtido com a interpenetração alternada de 50% das fiadas de uma parede na outra ao longo das interfaces comuns, O uso de amarração direta melhora a distribuição das cargas verticais, aumentando a rigidez do edifício.

Figura 10 - Exemplos de amarração direta

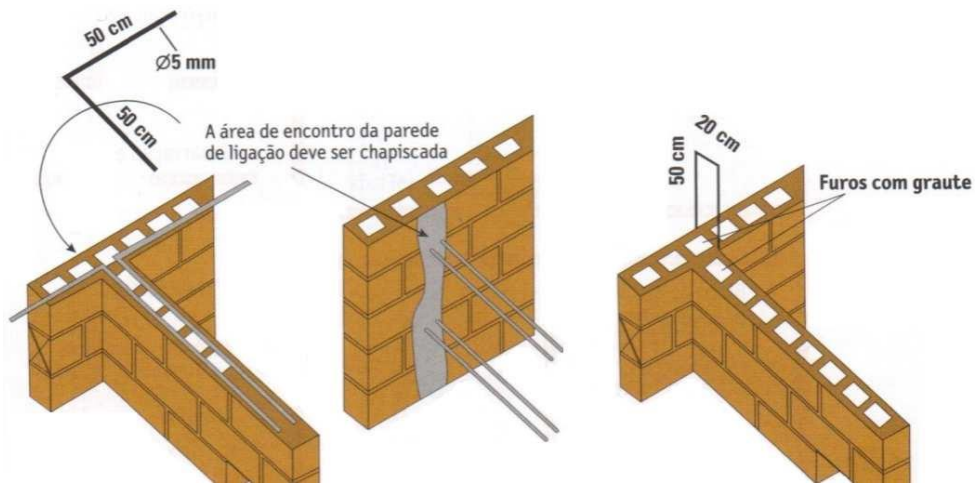
BLOCO ESTRUTURAL - FAMÍLIA 29 - MÓDULO 15



Fonte: www.deskgram.net/visitandoobras, 2018

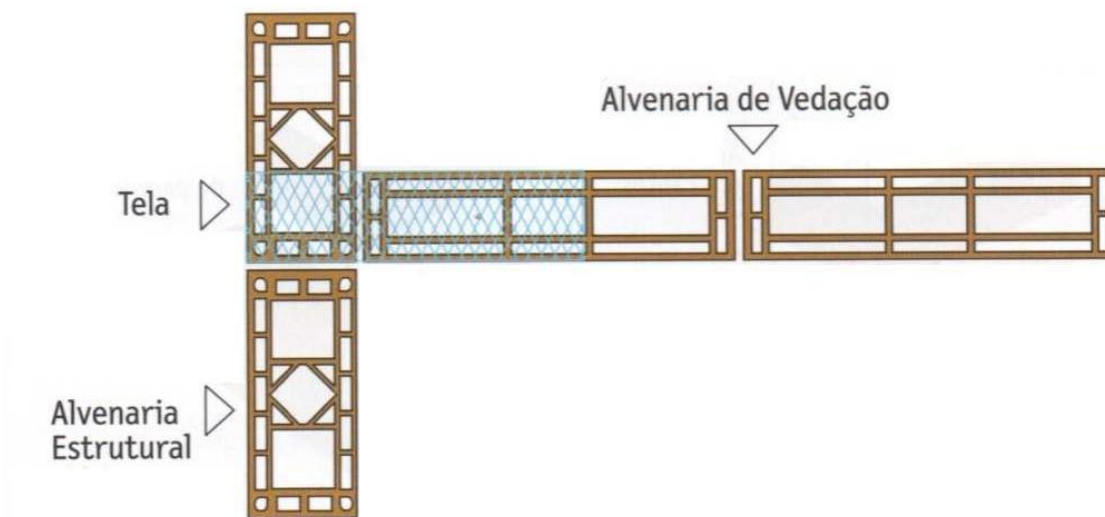
E a amarração indireta (Fig.11 e 12) como padrão de ligação de paredes com junta vertical a prumo, em que o plano da interface comum é atravessado por armaduras normalmente constituídas por grampos metálicos devidamente ancorados em furos verticais adjacentes.

Figura 11 - Exemplo de amarração indireta.



Fonte: Parsekian e Soares (2010, p. 101).

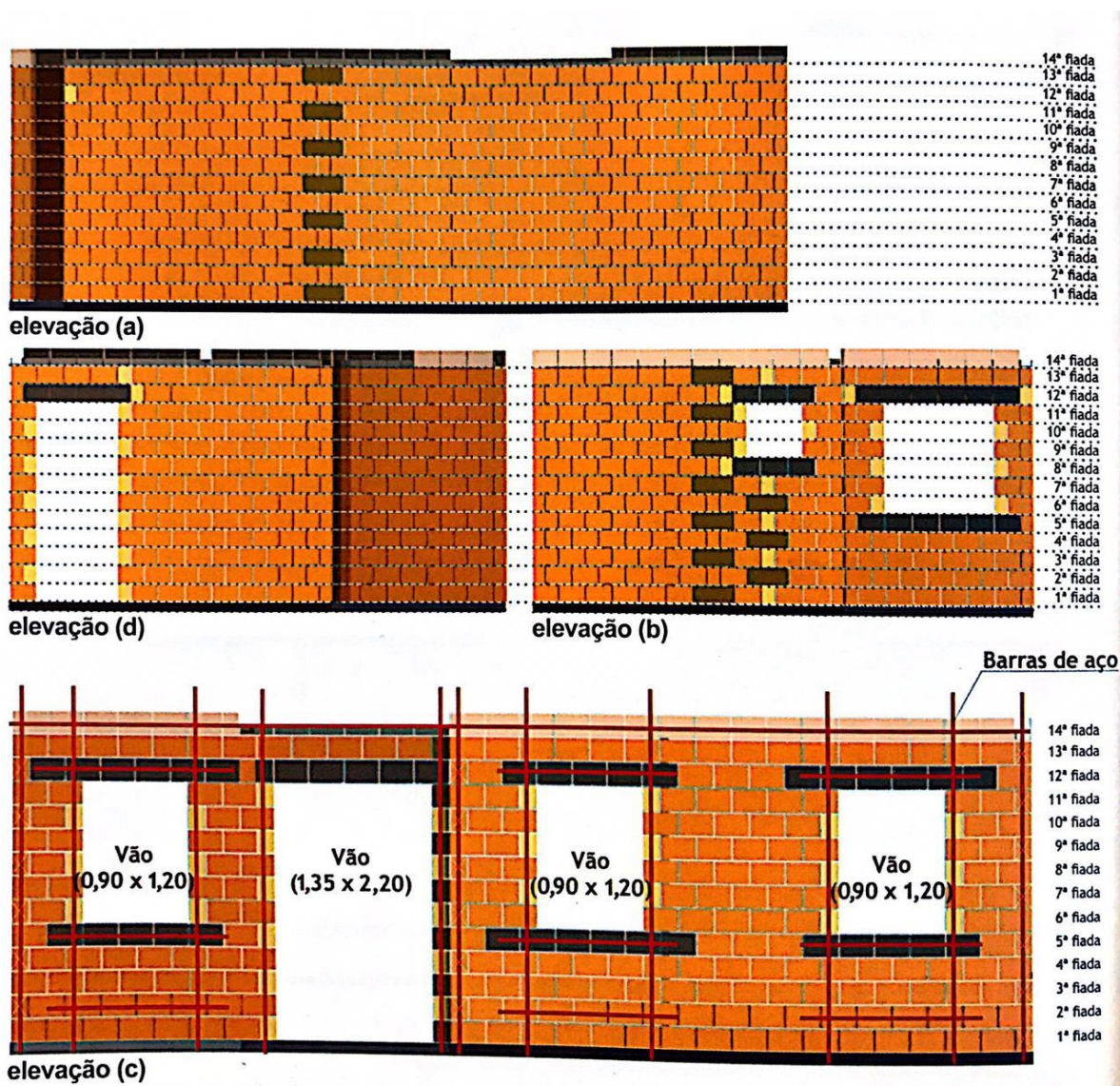
Figura 12 - Detalhe da amarração indireta



Fonte: Parsekian e Soares (2010, p. 101).

A escolha do tipo de bloco e a modulação são responsáveis pela maior parte da racionalização em obras de alvenaria estrutural, coordenando modularmente tanto na vertical quanto na horizontal, a modulação vertical segue a disposição da primeira fiada, intercalando os blocos, prevendo em projetos de elevação de parede aberturas de esquadrias e portas (Fig. 13).

Figura 13 - Exemplo de elevação de parede



Fonte: Mohamad, Machado e Jantsch (2017, p. 90).

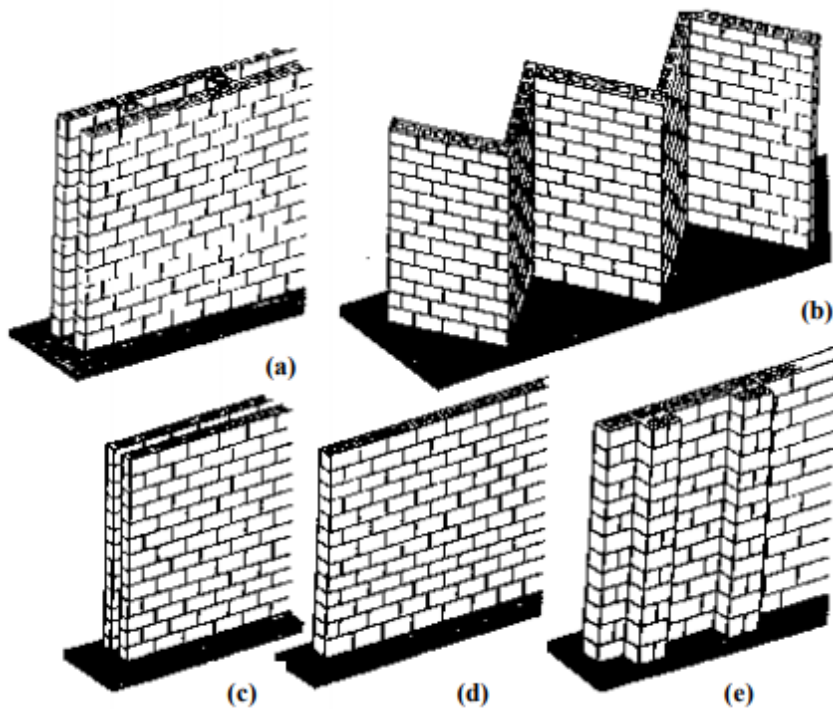
Construções em alvenaria estrutural condicionam o formato da edificação, uma vez que as paredes portantes necessitam de uma distribuição correta para que resista aos esforços horizontais como a ação do vento (DRYSDALE, 1994), o autor ainda cita algumas relações dimensionais recomendadas por Gallegos (1998), que indica parâmetros para prédios mais robustos em função da volumetria, reforçando a ideia de que edificações mais baixas têm maior capacidade de resistir aos esforços horizontais.

Mohamad, Machado e Jantsch (2017) mostram as três principais soluções para distribuições de paredes estruturais definidas por Hendry em 1981, sendo elas o sistema de paredes celular que descarrega as forças da laje nas paredes internas e externas; o sistema transversal, descarregando a laje nas paredes internas que absorvem as cargas e passa para os pavimentos inferiores, usando as paredes externas apenas como vedação; e o sistema complexo em que as paredes que estão no entorno do núcleo rígido tem como função transmitir as cargas verticais e estabilizar a edificação em relação aos esforços horizontais entre os pavimentos. Concluindo que quanto mais simétrico for o projeto das paredes estruturais mais efetivo será o lançamento estrutural.

A parede em alvenaria estrutural pode ser projetada de várias formas diferentes, de modo que atenda a necessidade do projeto, principalmente para maior rigidez neutralizando os efeitos de flambagem (ROMAN; MUTTI; ARAUJO, 1999), sendo as mais utilizadas (Fig. 14):

- a. Fin walls ou paredes diafragma
- b. Paredes serpentinadas
- c. Paredes duplas
- d. Paredes mais grossas
- e. Paredes enrijecedores.

Figura 14 - Arranjos de paredes estruturais mais utilizados



Fonte: Roman; Mutti; Araujo(1999, p.6)

Em um sistema construtivo racionalizado a integração de projetos se faz fundamental, uma vez que seja inviável a hipótese de rasgar paredes estruturais para passagem de instalações. Toda e qualquer instalação deve ser prevista em projeto e podendo ser embutida apenas verticalmente na alvenaria, nos furos já existentes nos blocos (ROMAN; MUTTI; ARAUJO, 1999).

As maiores dificuldades, geralmente estão nas tubulações de água e esgoto, mas soluções simples como a utilização de *shafts* e o agrupamento das instalações na mesma parede podem facilitar o projeto. Os *shafts* podem ser independentes da alvenaria e fechados com material leve e de fácil inspeção, também podem ter esperas em alvenaria e apenas o fechamento removível, ou mesmo conformar *shafts* não visitáveis onde fica interno a própria alvenaria (MOHAMAD; MACHADO; JANTSCH, 2017).

Outro fator dificultador dessa tecnologia é referente ao uso de sacadas e balanços, ao contrário do que muitos pensam, a alvenaria estrutural aceita balanços nas

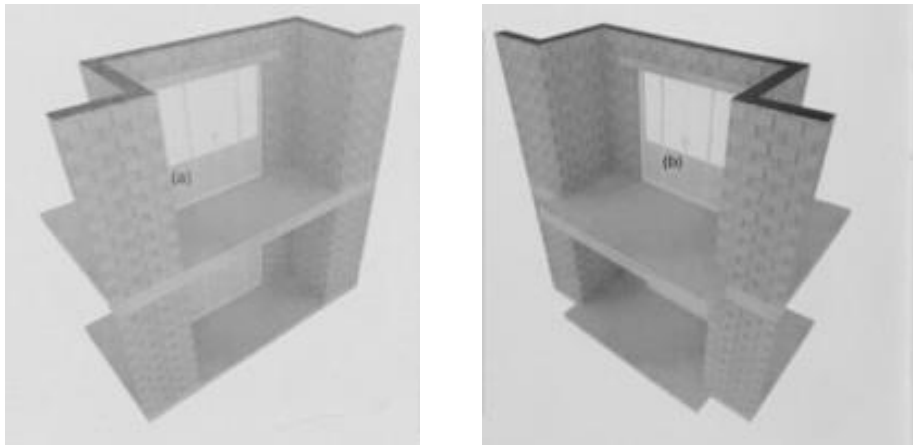
fachadas, desde que esses elementos sejam cuidadosamente estudados e verificados pelos calculistas, pois os esforços gerados pelos balanços são suportados pela laje e pela alvenaria (Fig 15). Balanços com menos de 80cm não geram problemas, já que só medidas maiores tendem a fletir, aplicando uma torção nas paredes que apoiam a laje (MOHAMAD; MACHADO; JANTSCH, 2017).

Figura 15 - balanços em sacadas



Outra opção para realização desses elementos, são as estratégias de sacadas confinadas ou parcialmente em balanço (Fig. 16), onde esta área fica entre as paredes estruturais não gerando torção na estrutura.

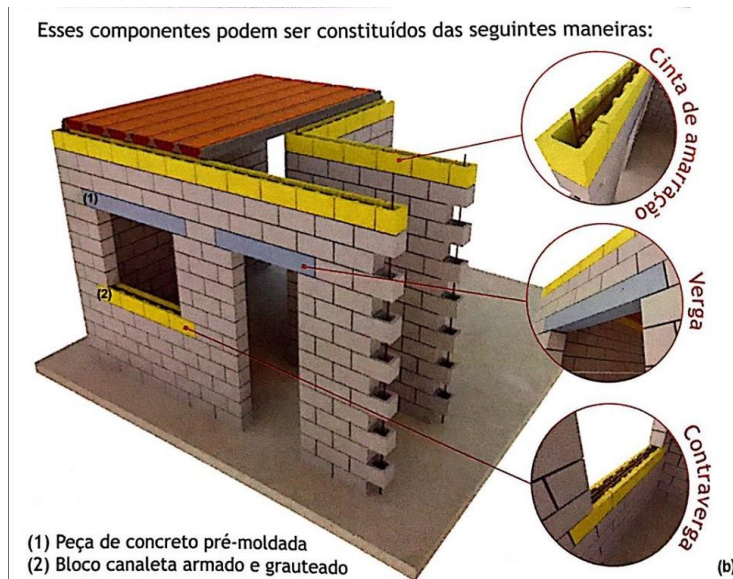
Figura 16 - Sacadas (a) confinada, (b) parcialmente em balanço



Fonte: Mohamad, Machado e Jantsch (2017, p. 114).

As aberturas nas edificações em alvenaria estrutural devem ser compostas por vergas e contra-vergas (Fig.17), componentes construtivos fundamentais na alvenaria estrutural, garantindo a estabilidade do sistema, pois promovem a distribuição das tensões concentradas nos cantos e absorção dos esforços horizontais, evitando assim o surgimento de manifestações patológicas, conforme a norma NBR 15961-2. Em cada pavimento, na última fiada, deve ser executada uma cinta contínua que enrijece todas as paredes, tendo seu grauteamento executado junto com a laje. (MACHADO, 2014).

Figura 17 - Vergas e contravergas



Fonte: Mohamad, Machado e Jantsch (2017, p. 136).

4. FLEXIBILIDADE

Esse capítulo tem como objetivo mostrar os conceitos e teorias relacionados ao tema da flexibilidade, com foco na produção arquitetônica habitacional. As definições citadas aqui fundamentam a proposta projetual, objetivo desta pesquisa.

4.1. Conceitos e teorias da flexibilidade

Em decorrência da transformação dos hábitos e das preferências individuais da sociedade, que influencia diretamente no ambiente doméstico, o tema flexibilidade é uma tendência crescente na arquitetura, e tem como maior desafio as recorrentes mudanças no espaço da habitação para adequar-se às novas formas de viver. Dessa maneira investe-se na busca por seus conceitos e parâmetros, para fornecer maior autonomia, conforto e satisfação ao morador (JORGE, 2012).

Segundo Finkelstein (2009), foi no início do século XIX, com a evolução do conhecimento técnico e a utilização de novos materiais, como a estrutura metálica e o concreto armado para vencer grandes vãos, que a flexibilidade começa a se desenvolver.

É importante ressaltar que, o conceito de flexibilidade é compreendido de várias formas, segundo diferentes autores. “O conceito de flexibilidade, na arquitetura, implica uma associação à natureza espacial, à tecnologia construtiva, ao programa e aos usuários, sendo uma tarefa difícil, de interpretações, muitas vezes, divergentes.” (JORGE, 2012, p.32) Também envolve variadas definições como adaptabilidade, participação, polivalência, multifuncionalidade, elasticidade, mobilidade, evolução.

De acordo com (NEVES, 2013), a viabilidade de modificações na edificação ao longo do tempo, busca atender as necessidades dos moradores em diferentes níveis, sejam por uma questão numérica, demográfica, econômica, tecnológica ou de ambientes, caracterizando assim o conceito de habitação flexível.

A pesquisa seguiu a abordagem de flexibilidade mencionada por Neves (2013), para o desenvolvimento da proposta projetual, oferecendo maior liberdade de escolha desde o projeto, e visando atender necessidades futuras dos moradores.

4.2. Contextualização histórica

Após a primeira Guerra Mundial, a Europa teve grande parte do seu território devastado, passando assim por um massivo processo de reconstrução das cidades. Aliadas ao aumento populacional, as cidades sofrem mudanças aceleradas no tipo de habitação produzida até então, baseadas em blocos de apartamentos e moradias unifamiliares, emergindo a preocupação com o tema flexibilidade, de acordo com a necessidade de racionalizar (JUNIOR, 2016).

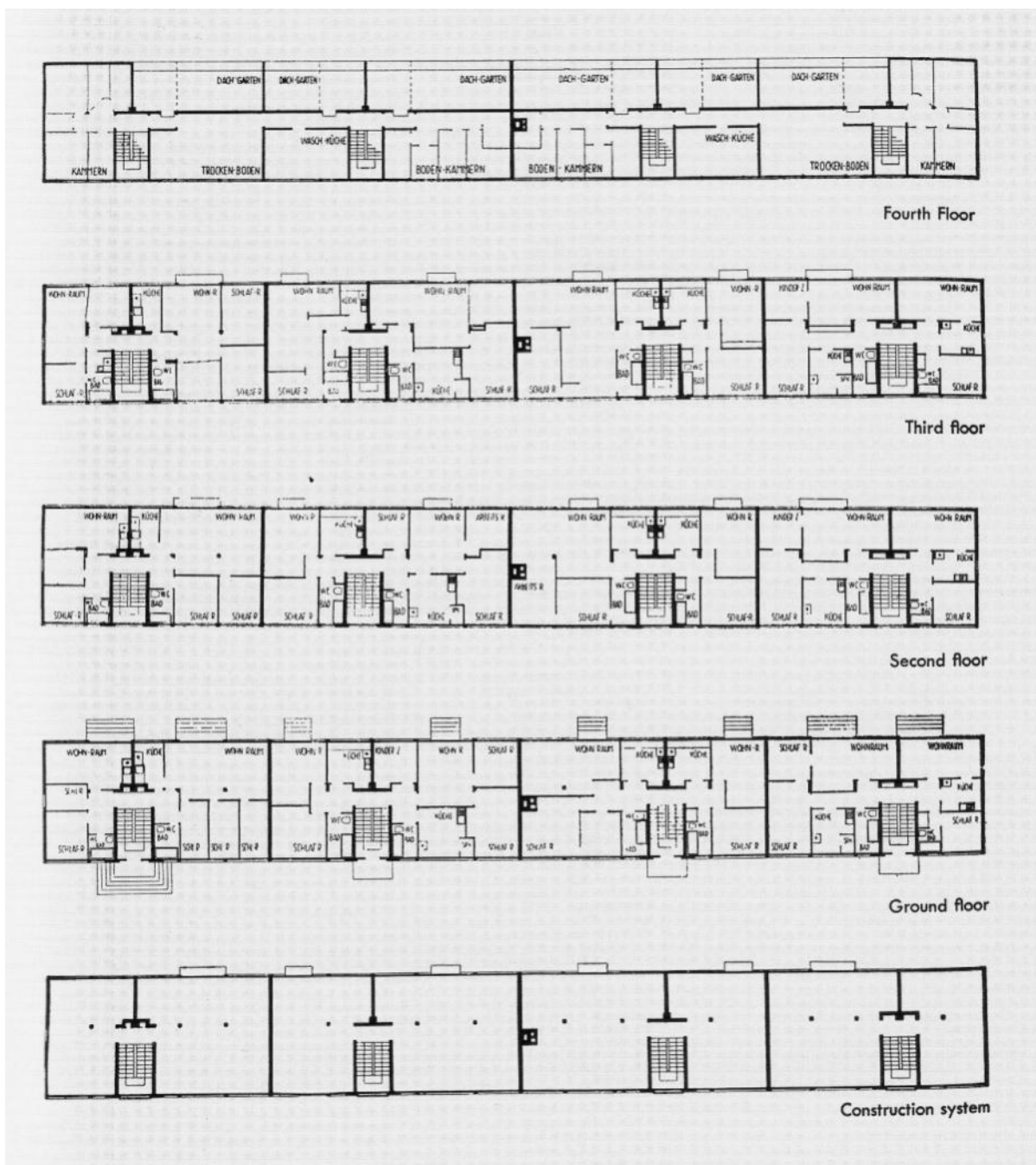
Citado como momento fundamental para a introdução das noções de flexibilidade, o Segundo Congresso Internacional de Arquitetura Moderna (CIAM), realizado na cidade de Frankfurt, em 1929, compreendia a “habitação mínima” como um tema de discussão, em retorno à redução dos padrões construtivos do início do século. O tema estimulou os alemães, que analisaram estratégias de dimensionamento, compartimentação e mobiliário flexível. O debate do CIAM, mobilizou também os holandeses que por sua vez se voltaram para o uso da habitação, com artifícios de variabilidade interna, pesquisando os ciclos de uso e as atividades diárias.

Sintetizando assim, a essência da flexibilidade com apenas duas vertentes, a primeira enaltecendo os benefícios da indeterminação de uso dos cômodos, e a segunda a instrumentalização de elementos, com mobiliários multifuncionais e divisórias e portas de correr (JORGE, 2012).

Durante o Movimento Moderno criou-se diversas alternativas, para se obter um espaço fluido e uma arquitetura mais flexível, na tentativa de resposta à um novo modo de vida da população. Alternativas essas com critérios mais racionalistas e funcionalistas, a exemplo da cozinha do “tipo americana” desenvolvida por Le Corbusier em 1952, que ao trabalhar a ideia de racionalização, promove a junção da cozinha com a sala de estar em um ambiente único, separados entre si por um balcão passa-pratos. (NEVES, 2013).

Jorge (2012) menciona Mies van der Rohe como expoente máximo da flexibilidade funcional, quando em 1927, o arquiteto apresenta um edifício em planta livre comportando uma diversidade de programas, atendendo muitos tipos de exigências, exibindo paredes como elementos independentes, composto por uma simplicidade estrutural e organizado internamente por painéis leves. Assim ao exibir o revolucionário edifício de apartamentos (Fig.18 a 23), na Weissenhofsiedlung, em Stuttgart, Mies van der Rohe difundiu o conceito de flexibilidade em todas as suas interpretações.

Figura 18 - Plantas-baixas - Edifício de Apartamentos – Mies van der Rohe.



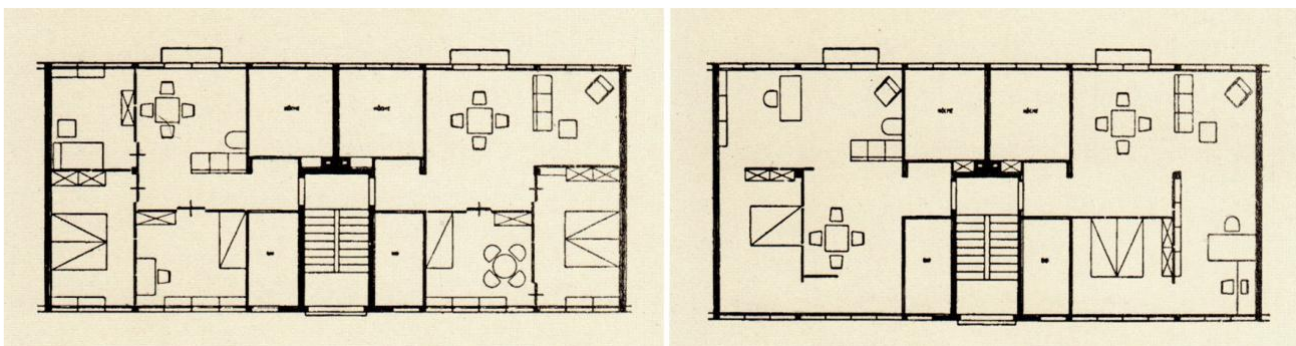
Fonte: Vitruvius, 2014

Figura 19-Fachada - Edifício de Apartamentos – Mies van der Rohe.



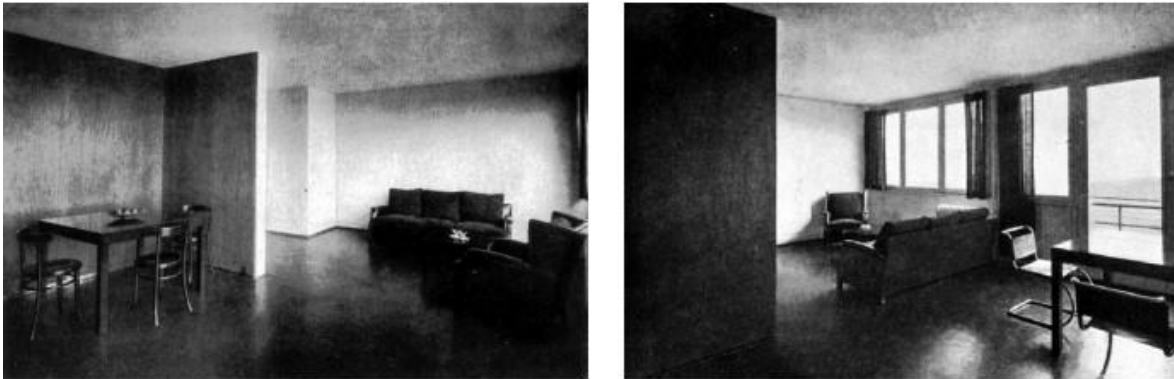
Fonte: Vitruvius, 2014.

Figura 20 - Plantas-baixas com variações na subdivisão das unidades - Edifício de Apartamentos – Mies van der Rohe.



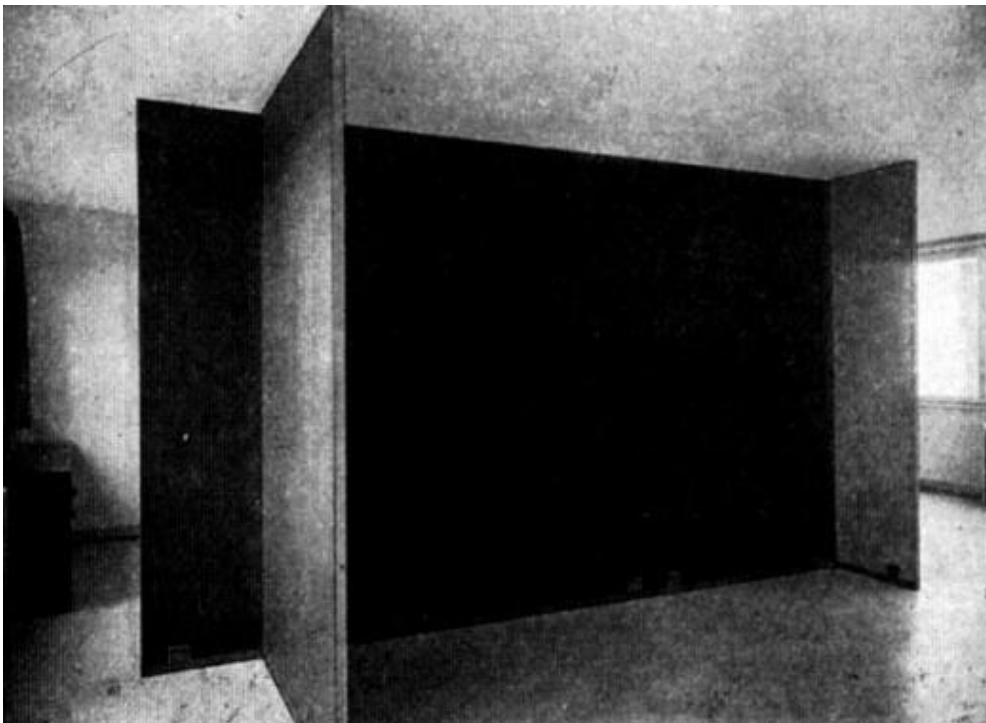
Fonte: (JORGE, 2012)

Figura 21- Vistas internas



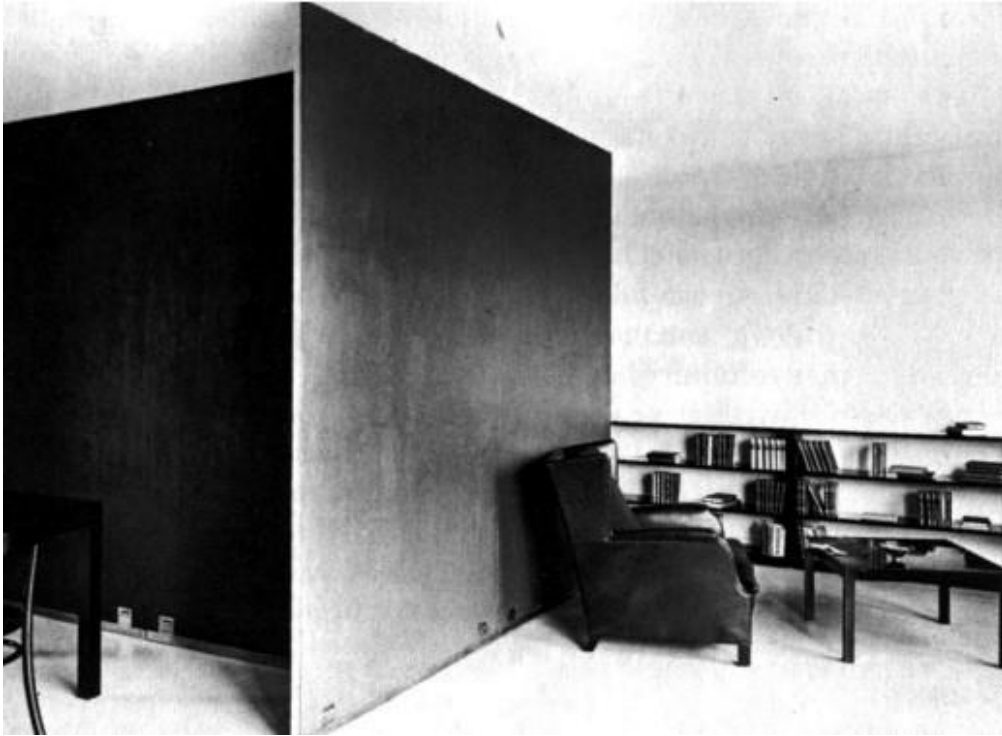
Fonte: Humberto Mezzadri, 2008

Figura 22 - Vista aproximada da divisória.



Fonte: Humberto Mezzadri, 2008

Figura 23 - Vista interna.



Fonte: Humberto Mezzadri, 2008

Os anos de 1960 iniciou-se com muita reflexão e crítica às ideias de flexibilização modernistas, o que contribui de forma generosa, com uma variedade de fachadas e plantas, contudo, essas propostas acabaram reproduzindo erros, especialmente os estruturais, devido à falta de tecnologia eficiente para solucioná-los à época. Já a década seguinte, criticava o emprego de divisórias e a identidade dos espaços, processos mecanicistas⁷ utilizados para prover maior flexibilidade aos ambientes (JUNIOR, 2016).

Dando um salto para os anos de 1990, no Brasil, buscando reduzir a monotonia arquitetônica, começam a surgir as chamadas plantas flexíveis, tratando-se de um processo que apenas muda os cômodos pela junção ou separação de partes da moradia, obtendo-se uma flexibilidade limitada. Um recurso mercadológico que se difundiu por muitas empresas do setor construtivo, em 1990. Enquadrando-se na

⁷ A casa deveria ser bonita e confortável, mas também lógica, funcional e eficiente (uma 'máquina de morar'), perfeitamente apta para atender às necessidades dos ocupantes (Le Corbusier, 1923)

denominação de padronização com variedade (NEVES, 2013). “A inflexibilidade promovida pelo mercado imobiliário não é completamente acidental.” (JORGE, 2012)

Observa-se que muito já foi e vem sendo até hoje proposto, quando o objetivo é produzir uma arquitetura que abrace todas as diferenças humanas e seus comportamentos diversos, aliando tecnologia, conforto e essa constante transformação. “Um dos objetivos da flexibilidade é a capacidade da habitação em se manter constantemente ativa, afastar a sua substituição e garantir a sua vida útil o maior tempo possível.” (JORGE, 2012).

4.3. Elementos projetuais facilitadores para flexibilidade

Finkelstein (2009) adota 14 elementos que podem facilitar nas estratégias de flexibilidade que são:

1. Estrutura independente
2. Modulação estrutural
3. Paredes e divisórias leves
4. Divisórias móveis
5. Mobiliário como divisória
6. Núcleos de circulação vertical
7. Núcleos de banheiros / cozinha
8. *Shafts* de instalações na unidade
9. Fachada livre
10. Varanda na fachada
11. Ausência de divisões internas
12. Pisos elevados
13. Armários embutidos
14. Terraço

Esta pesquisa irá utilizar os conceitos apenas dos elementos que se identificam com o projeto proposto, que é um edifício em alvenaria estrutural sendo eles: modulação estrutural, paredes e divisórias leves, divisórias móveis, núcleos de circulação vertical, núcleos de banheiros / cozinha, *shafts* de instalações na unidade, varanda na fachada e ausência de divisões internas.

5. MODULAÇÃO ESTRUTURAL

A modulação é um instrumento projetual facilitador da concepção, elaboração e construção. Coordenando as dimensões e os diferentes tipos de componentes construtivos a uma medida de referência, da sua divisão ou multiplicação (JORGE, 2012, p.356). A autora ainda enfatiza: “A utilização do sistema modular não limita a expressão arquitetônica, podendo gerar habitações personalizadas em série, sendo o grande desafio em atingir o equilíbrio formal e o espacial.”

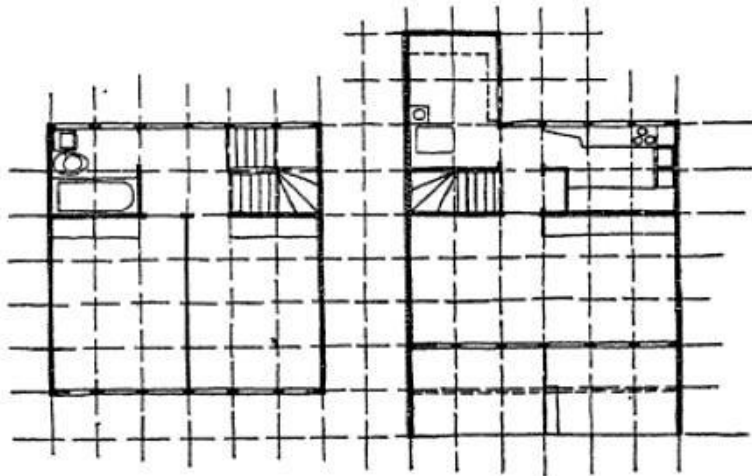
A independência de cada componente em relação ao produto, faz da modulação uma ferramenta de grande eficiência para a flexibilidade construtiva, possibilitando sua utilização em diversos sistemas construtivos, dentre eles o de alvenaria estrutural. A existência de um módulo básico, compartilhado por todos os agentes, é a chave da Coordenação Modular (JUNIOR, 2016).

“O uso do módulo propicia o estabelecimento de uma arquitetura neutra. Mies e Kahn difundiram o uso desse elemento, o que também é reforçado em obras de Habraken e do grupo *Open Buiding*.” (FINKELSTEIN, 2009, p.69).

Desde o século XIV, os japoneses fazem uso da modulação, hoje o que reconhecemos como moradia tradicional japonesa recorria à modulação para ser executada, atingindo alto grande funcionalidade. (JORGE, 2012)

Gropius estudioso do sistema modular não media esforços para disseminá-lo. Nos anos 40, em colaboração com Wachsmann, o arquiteto produziu um sistema de pré-fabricação para a *General Panel Corporation*, empresa que produziu a “*Packaged House*” (Fig.24), a partir de uma modulação cúbica de 3 pés e 4 polegadas(Fig.25), com painéis de madeira articulados em qualquer direção por uma junta universal. (FINKELSTEIN, 2009).

Figura 24 - Plano modular de 3 pés e 4 polegadas.



Fonte: Liziane de Oliveira, 2012

Figura 25 - Packaged House, 1943.



Fonte: Liziane de Oliveira, 2012

Buscando sempre agilidade e racionalização, o parâmetro construtivo contemporâneo caminha para os aprimoramentos de técnicas que minimizam o tempo de execução da obra, com boa qualidade e economia, características do sistema modular, cuja definição é “dependência recíproca entre produtos básicos e intermediários de série (elementos construtivos) e produtos finais (edificações) mediante uma unidade de medida comum” (BREGATTO, 2005, apud JORGE, 2012).

A ISO 2848 - Construção civil: coordenação modular: princípios e regras (ISO, 1984) cita diversas vantagens para o uso da coordenação modular na construção civil, entre elas Zechmeister (2005, p.42) destaca:

“(...) facilitar a cooperação entre os projetistas de edifícios, os fabricantes de componentes, os distribuidores, os contratadores e o poder público; permitir a criação de projetos, sem restringir a liberdade do projetista; otimizar o número de tamanhos padrões de componentes de construção; e permitir a flexibilização dos tipos de padrões com o objetivo de estimular o uso de alguns limitados números de componentes de construção padronizados, para a edificação de diferentes tipos de edifícios.”

A modulação aliada ao processo construtivo em alvenaria estrutural, apresenta uma série de benefícios, destacam-se a otimização e padronização do tamanho dos componentes, gerando uma melhoria na produção mediante o aperfeiçoamento tecnológico. Para as construtoras as vantagens são, a compatibilidade dos diferentes projetos e a simplificação da execução dos serviços. Para o consumidor a padronização dos componentes é vantajosa, pois cria a possibilidade de escolher o fornecedor das unidades de alvenaria eliminando as diferentes dimensões, priorizando os critérios, de qualidade, durabilidade, prazo de entrega, preço, entre outros, mesmo no decorrer da obra sem prejudicar o processo construtivo no geral (ZECHMEISTER, 2005).

Seguindo essa premissa o consumidor final recebe um produto com maior qualidade, menor custo e com menor prazo de entrega, possuindo ainda uma facilidade na substituição de elementos que necessitam de reparos futuros, devido a intercambialidade dos elementos e do processo construtivo, viabilizado pela modulação (ZECHMEISTER, 2005).

Porém o maior dificultador para que a modulação seja efetivamente empregada no Brasil, é a falta de padrão dos componentes construtivos, que no geral são fabricados com dimensões distintas e não intercambiáveis entre si.

Paredes divisórias leves

Podem ser de diferentes materiais e devem cumprir determinados requisitos, como: satisfazer as necessidades de privacidade acústica e visual. Adequar-se às novas organizações espaciais, seja através de suas qualidades desmontáveis ou móveis. Permitir a instalação de portas e outras aberturas necessárias (FINKELSTEIN, 2009).

Divisórias móveis

Funcionam como agentes de integração e isolamento de ambientes, em função das necessidades. As partições podem ser corrediças, dobráveis, ou até desaparecer, ocultadas em uma parede ou dentro de um espaço próprio. Este mecanismo é capaz de proporcionar diferentes alternativas de uso/distribuição das atividades no espaço residencial (BARBOSA, 2016).

Núcleos de circulação vertical

A circulação vertical reunida em um único núcleo torna-se, em casos de flexibilidade, uma máxima a ser desejada, em projetos de moradias com mais de um pavimento de altura (BARBOSA, 2016).

Núcleos de banheiros / cozinha

A junção de atividades que necessitam instalações de infraestruturas como canalizações hidráulicas, esgoto e elétricas, com objetivo de formar um núcleo, mostrando grande eficiência econômica e construtiva em uma unidade residencial. Ocorrendo em projetos de moradias desde os exemplos paradigmáticos de Mies Van der Rohe e de outros mestres, quando utilizaram esse recurso para liberarem o restante da planta para outros usos (FINKELSTEIN, 2009).

Shafts de instalações na unidade

São os espaços ociosos, existentes entre paredes e que recebem os dutos de instalações verticais, promovendo maior economia e organização na construção. O interessante é sempre permitir fácil acesso a essas instalações, mesmo quando esses dutos se localizarem dentro do apartamento (FINKELSTEIN, 2009).

Varanda na fachada

As varandas promovem maior liberdade aos interiores, possibilitando que atividades diferentes aconteçam nesse espaço (BARBOSA, 2016).

Ausência de divisões internas

É o espaço onde inexistem divisórias internas quando entregues ao último utilizador (BARBOSA, 2016).

6. PROPOSTA PROJETUAL

A partir dos conceitos apresentados, a proposta pretende um edifício em alvenaria estrutural com diversidade tipológica e flexibilidade para possíveis mudanças, com uso paredes internas não estruturais para um público de classe média na cidade de Uberaba.

O município de Uberaba localizado no triângulo mineiro em Minas Gerais, foi escolhido como recorte espacial desta pesquisa, a cidade possui 137.042 km² de área urbana, e se encontra a 481 km da capital estadual, sua população estimada em 2018 era de 330.361 habitantes, sendo o oitavo município mais populoso do estado.

O lote escolhido se encontra na Avenida Santos Dumont, número 2755 no bairro Santa Maria, bairro esse predominantemente residencial, considerado de classe média/alta, com altimetria baixa tendo prédios no seu entorno de no máximo cinco pavimentos, tendo como maioria unidades habitacionais horizontais. Como pode ser visto na Ele se situa à 750m do Hospital Universitário Mário Palmério, 600m da Escola Municipal Santa Maria, 800m do aeroporto Mário de Almeida Franco, 450m do Uirapuru late clube e a 1100m da universidade de Uberaba (Fig. 26).

Figura 26 - Entorno imediato

Fonte: Desenvolvido pelo autor, 2019

Devido sua proximidade com os equipamentos citados anteriormente o bairro está sendo valorizado pelo mercado imobiliário, ele possui vários terrenos vagos, e desde 2017 tem aumentado as construções no local, com isso escolhemos o bairro devido ao seu potencial de crescimento e investimentos para novos empreendimentos no setor da construção civil.

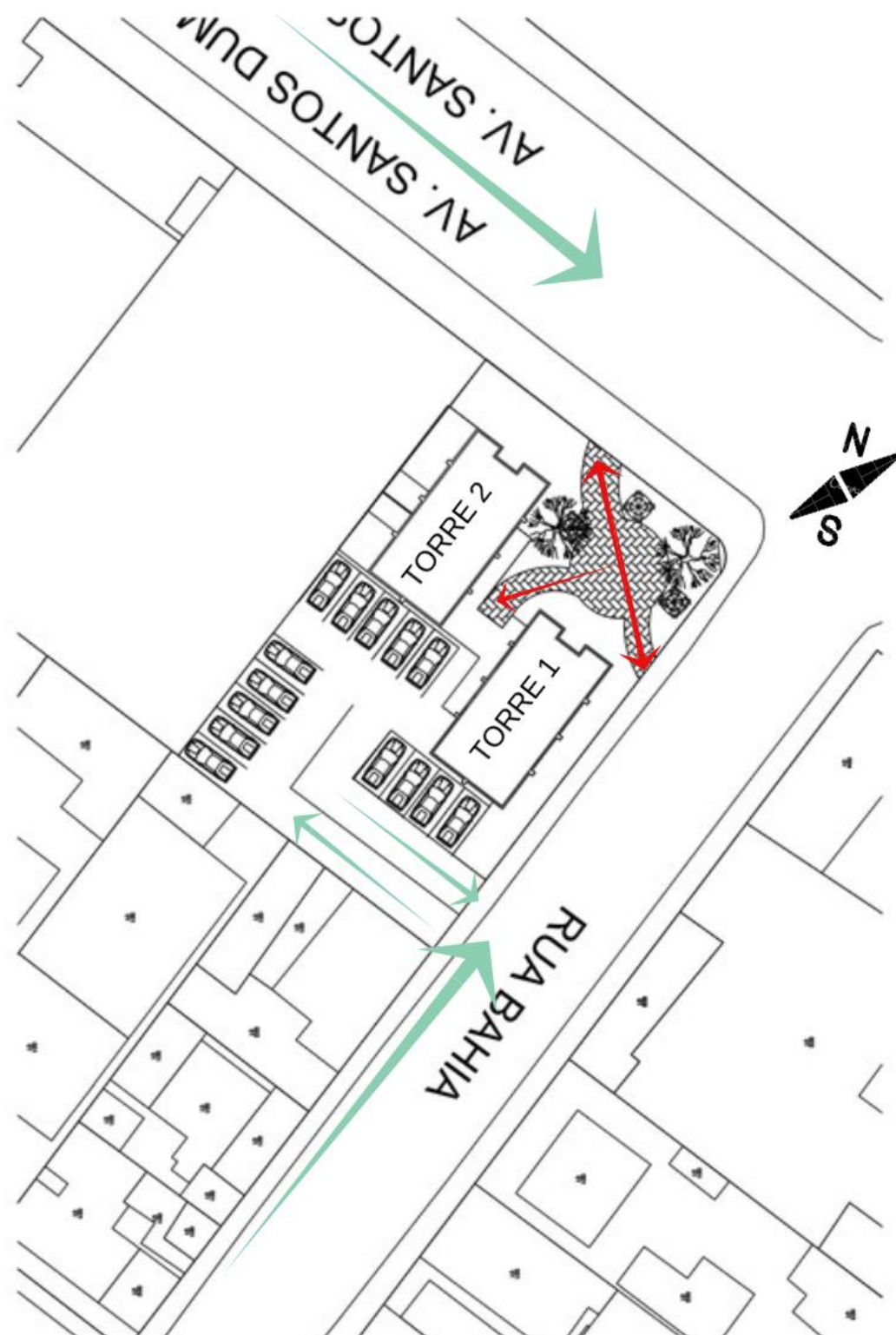
O terreno possui área de 1030m² e de acordo com o Plano Diretor de Uberaba está localizado em uma Zona Residencial 3, onde devido à proximidade ao aeroporto tem como altura máxima cinco pavimentos com pé direito de 3m e mais 2m para resolução da cobertura. O plano diretor ainda determina afastamento frontal de 6m e lateral de 3m, taxa de ocupação de 70% e coeficiente de aproveitamento igual a 2 como pode ser visto na Fig. 27.

Figura 27 - Parâmetros urbanísticos

ÁREA	ZONA	AFASTAMENTO FRONTAL	AFASTAMENTO LATERAL	TAXA DE OCUPAÇÃO	COEFICIENTE DE APROVEITAMENTO
1030 m ²	ZR3	3 m	6 m	70 %	2

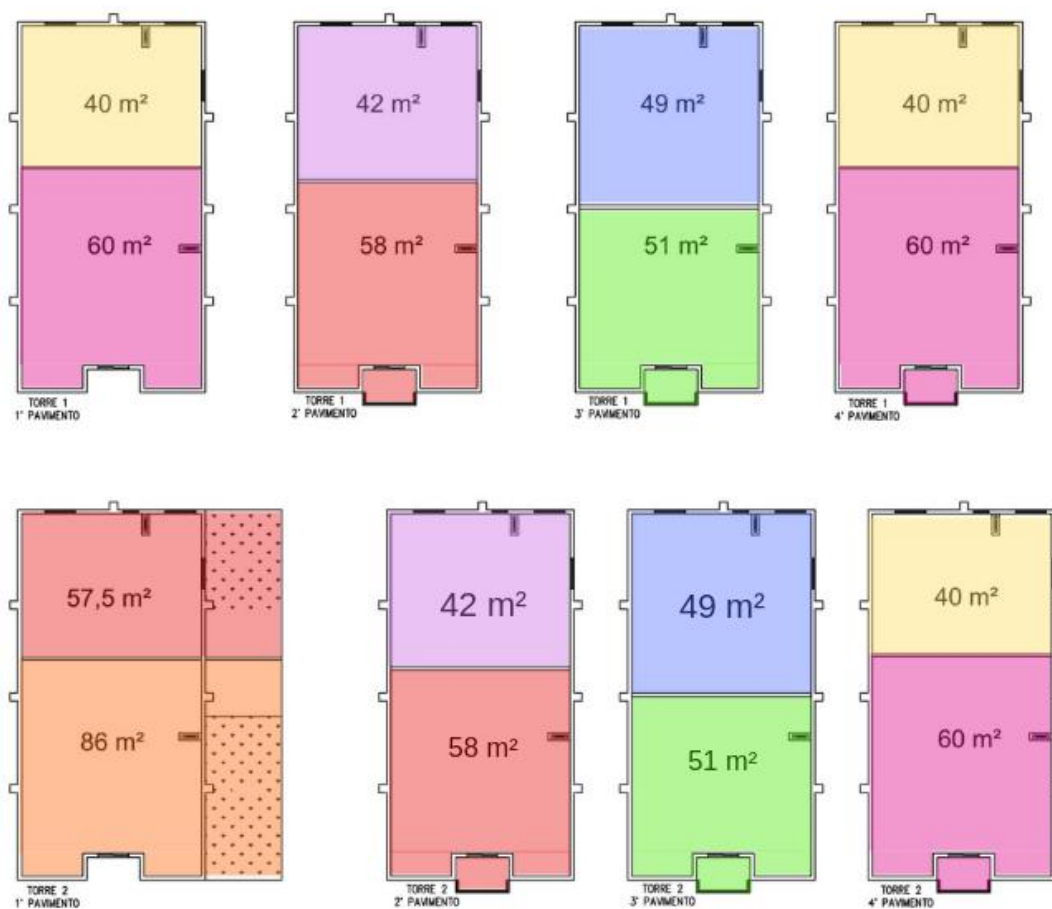
Fonte: Desenvolvido pelo autor, 2019

Os estudos volumétricos começaram levando em conta a insolação, circulação horizontal, vertical a tipologia do entorno e os melhores caminhos de acesso tanto para pedestres quanto para veículos (Fig. 28). Após alguns testes definiu-se a implantação de duas torres com 4 pavimentos cada uma e 8 apartamentos por edifício, somando um total de 16 unidades habitacionais (Fig. 29).

Figura 28 - Implantação

Fonte: Desenvolvido pelo autor, 2019

Figura 29 - Áreas dos apartamentos, Torre 1 e Torre 2 respectivamente



Fonte: Desenvolvido pelo autor, 2019

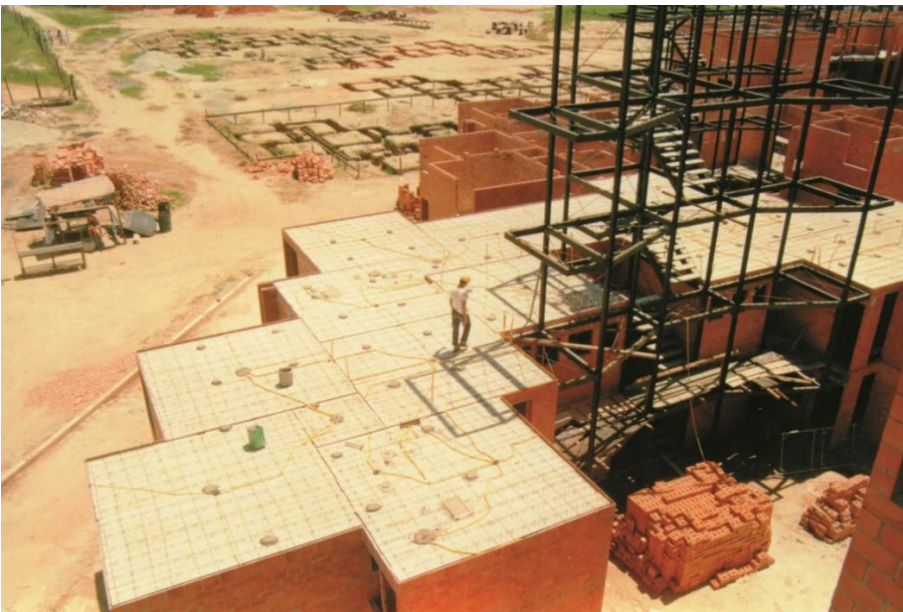
Essas torres são ligadas por uma escada em estrutura metálica independente (Fig.30, 31 e 32), como referência ao o projeto do COPROMO - Cooperativa Pró Moradia de Osasco, elaborado pelo grupo USINA CTAH como obra análoga.

Figura 30 - Escada em estrutura metálica independente



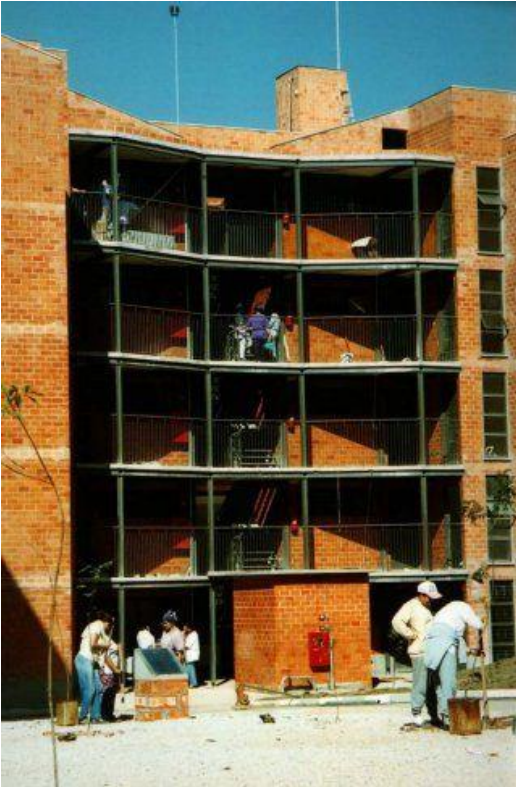
Fonte: Archdaily, 2015

Figura 31 - Escada após a elevação do primeiro pavimento.



Fonte: Archdaily, 2015

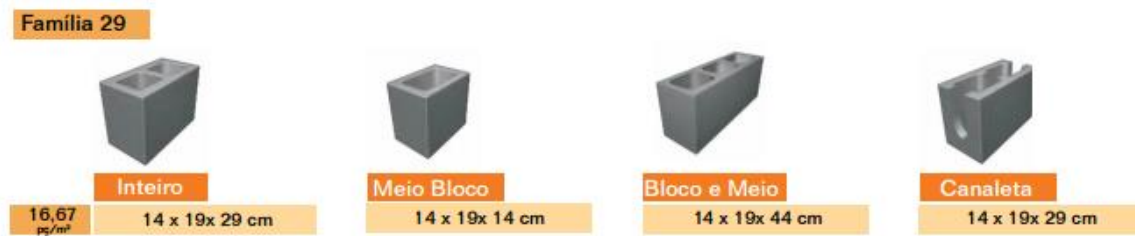
Figura 32 - Escada após a finalização de todos os pavimentos



Fonte: Archdaily, 2015

As escadas servem de guia para o desenvolvimento do restante da edificação que será toda em alvenaria estrutural, sendo, portanto, executada primeiro, assim como a circulação horizontal, deixando a edificação completamente independente.

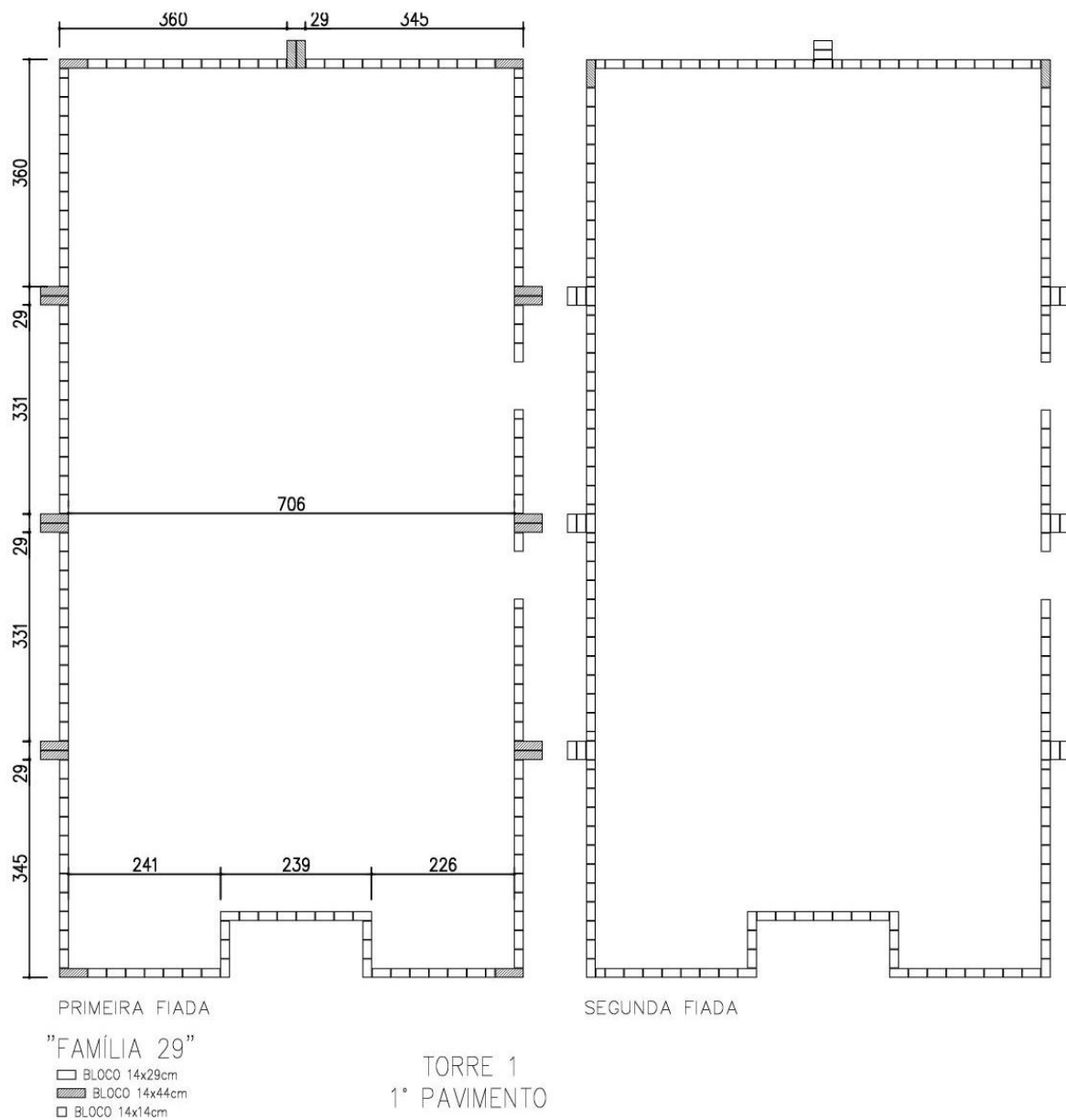
Para a edificação ficou definido que o projeto seria elaborado com a família 29 de blocos estruturais (Fig.33). Utilizar a família 29 é projetar usando unidade modular 15 e múltiplos de 15, onde 15 é a medida do bloco de 14 cm mais 1 cm de espessura das juntas. Neste caso, os blocos têm sempre 14 cm de largura, ou seja, o comprimento dos blocos é sempre múltiplo da largura, o que evita o uso dos elementos compensadores, salvo para ajuste de vãos de esquadrias.

Figura 33 - Família 29 de blocos estruturais

Fonte: Blog Sahara, 2019

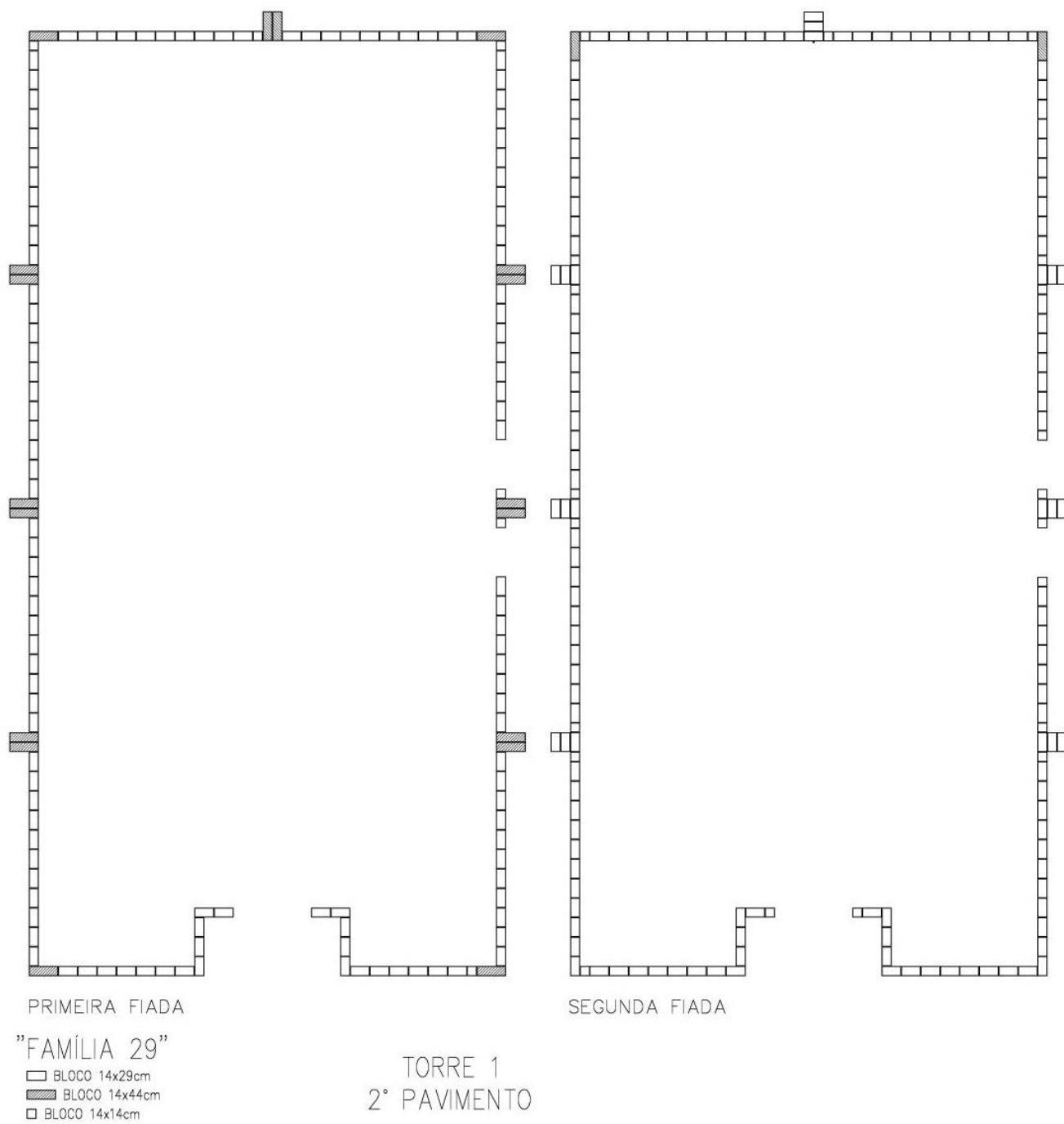
Com a família do bloco definida, foi iniciada a modulação das paredes estruturais, lançando a primeira e segunda fiada dos blocos, com os enrijecedores e os vão modulares das portas (Fig. 34, 35, 36 e 37). E na sequência a Fig. 38 apresenta uma paginação de parede, destacando na elevação a posição dos blocos, vergas, contravergas e os vão das esquadrias.

Figura 34 - Primeira e segunda fiada Torre 1 (sem escala)



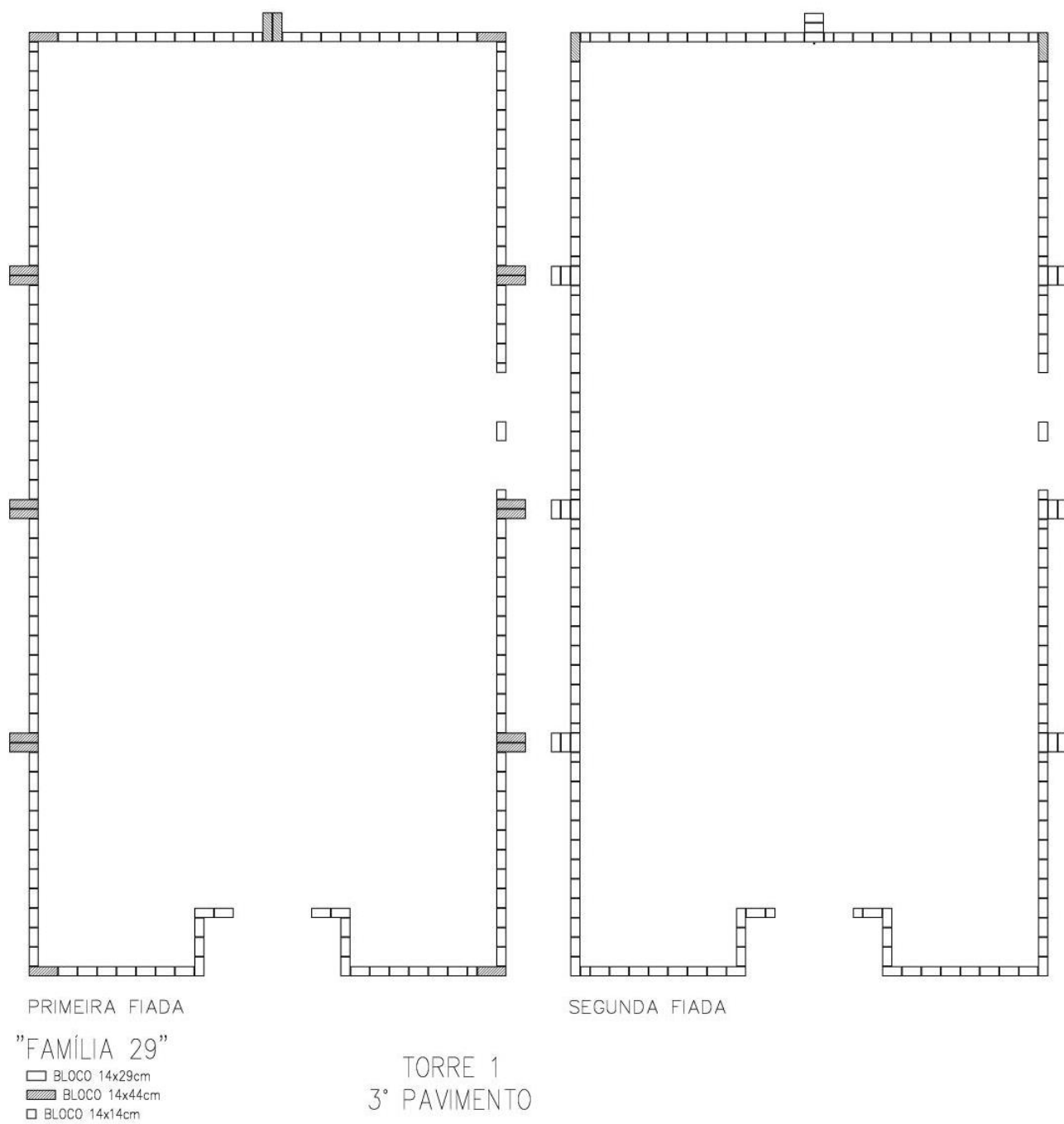
Fonte: Desenvolvido pelo autor, 2019

Figura 35 - Primeira e segunda fiada Torre 1 (sem escala)



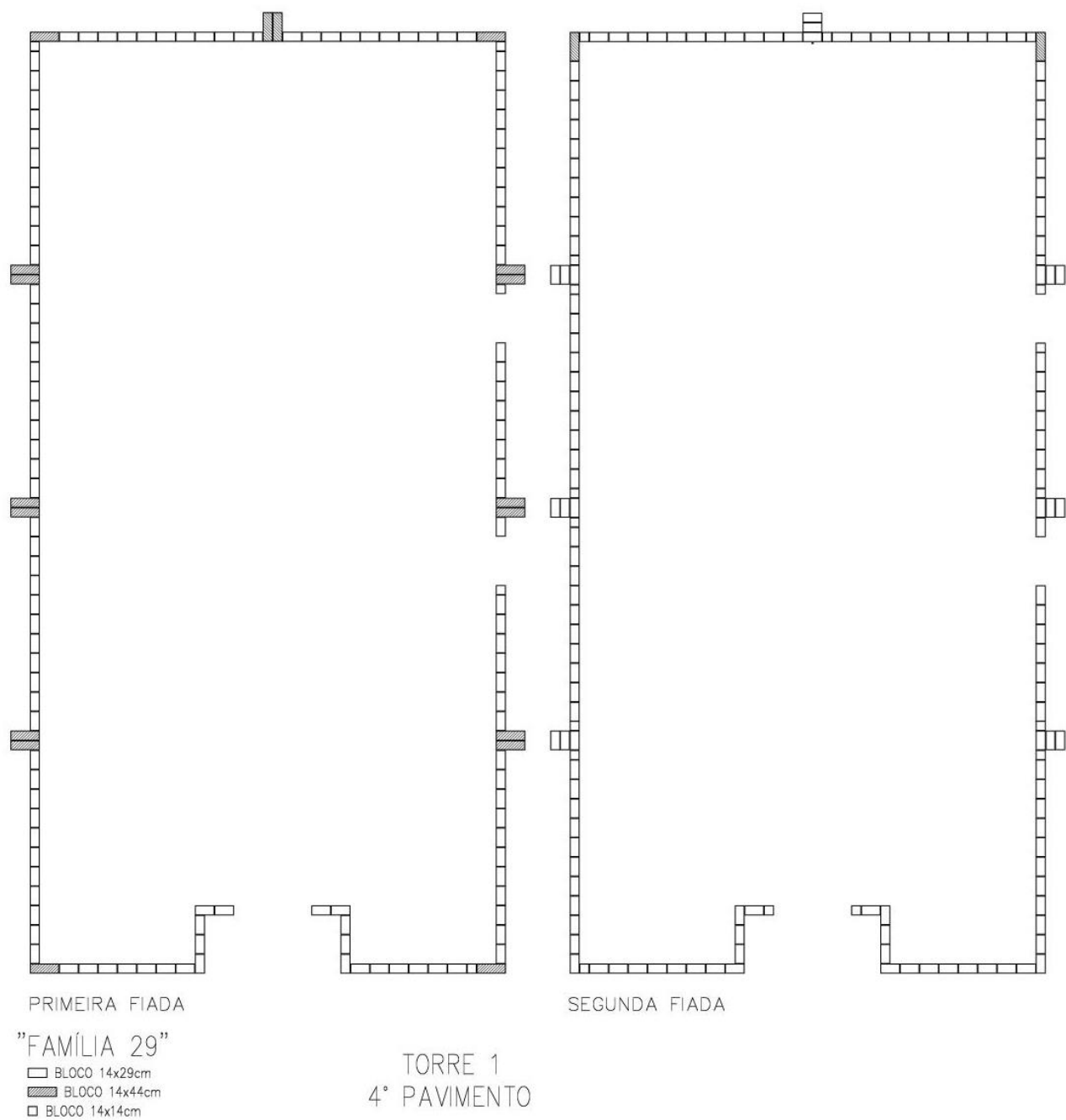
Fonte: Desenvolvido pelo autor, 2019

Figura 36 - Primeira e segunda fiada Torre 1 (sem escala)



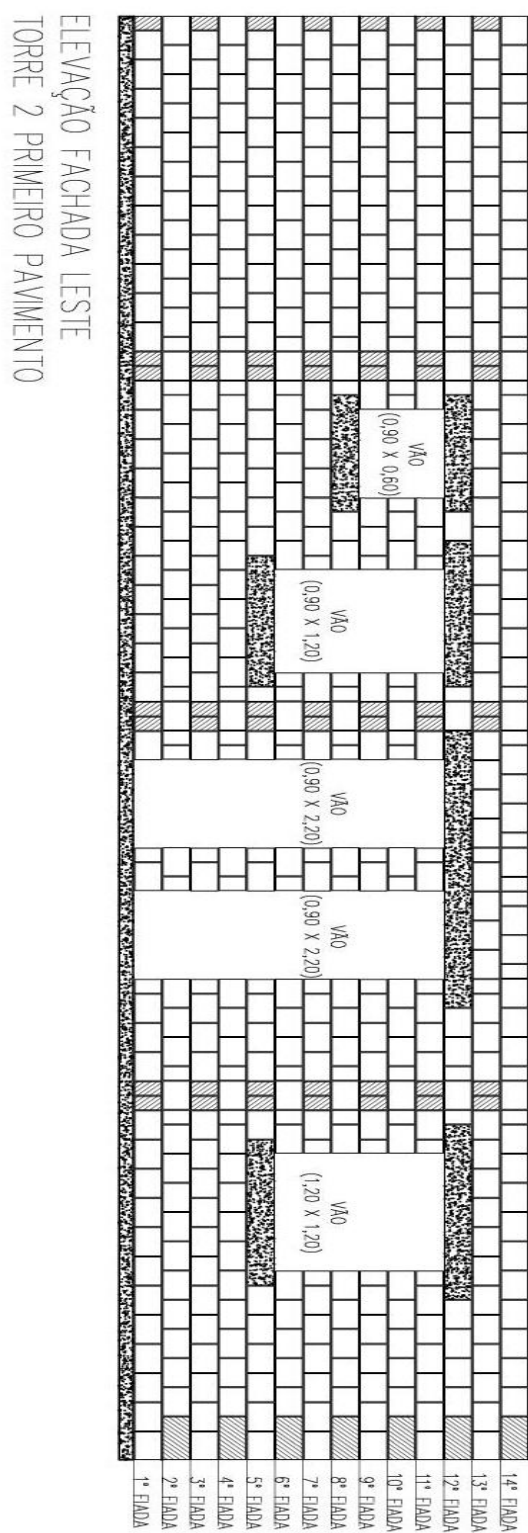
Fonte: Desenvolvido pelo autor, 2019

Figura 37 - Primeira e segunda fiada Torre 1 (sem escala)



Fonte: Desenvolvido pelo autor, 2019

Figura 38 - Elevação de parede (sem escala)



Fonte: Desenvolvido pelo autor, 2019

Com a parte estrutural definida, iniciou-se a elaboração dos *layouts*, buscando uma maior diversidade para melhor exemplificar a flexibilidade das residências, propondo *layouts* diferentes para as 16 unidades habitacionais, apresentados nas figuras 39, 40, 41 e 42.

Figura 39 - *Layout* Torre 1 (sem escala)

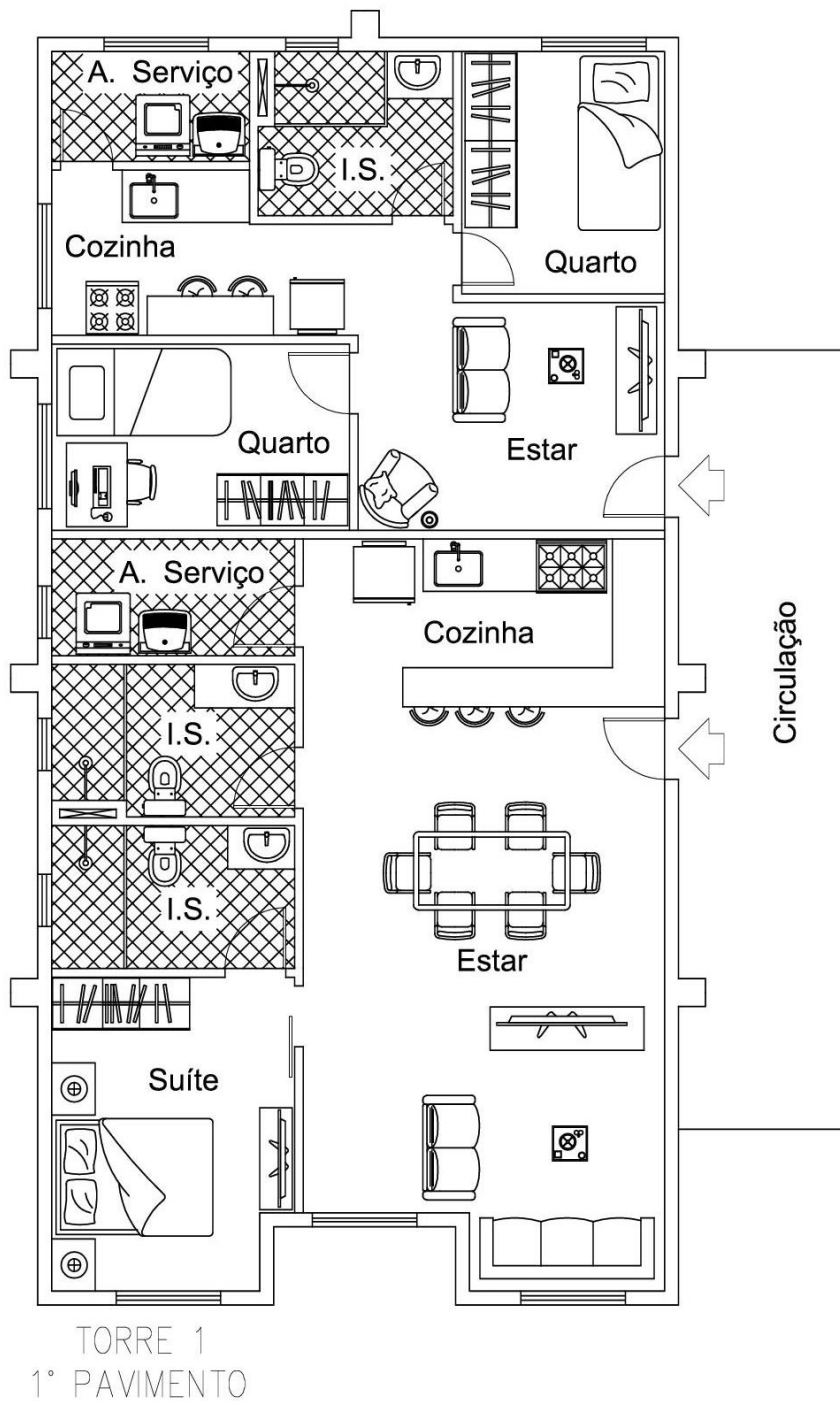
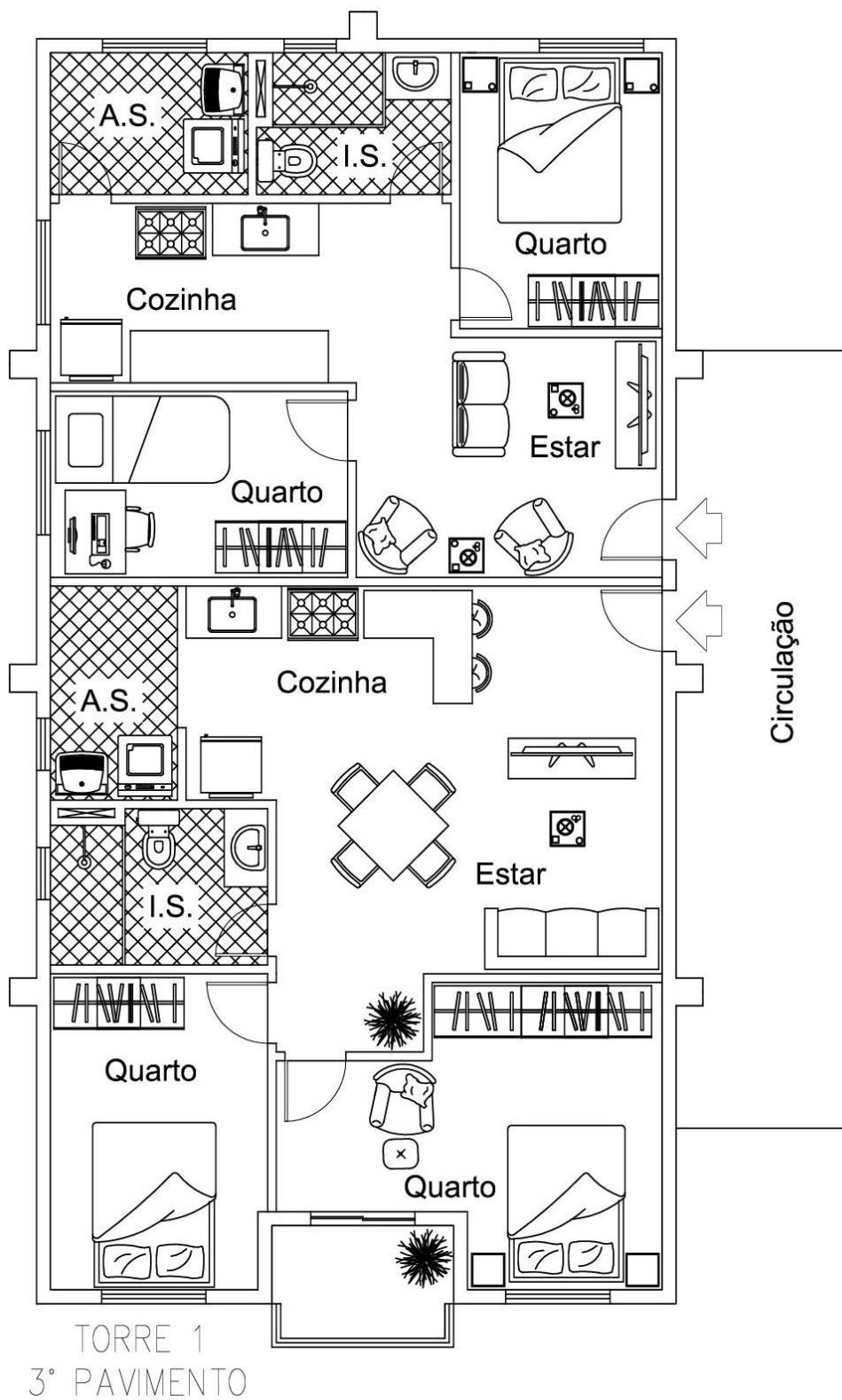


Figura 40 - Layout Torre 1 (sem escala)



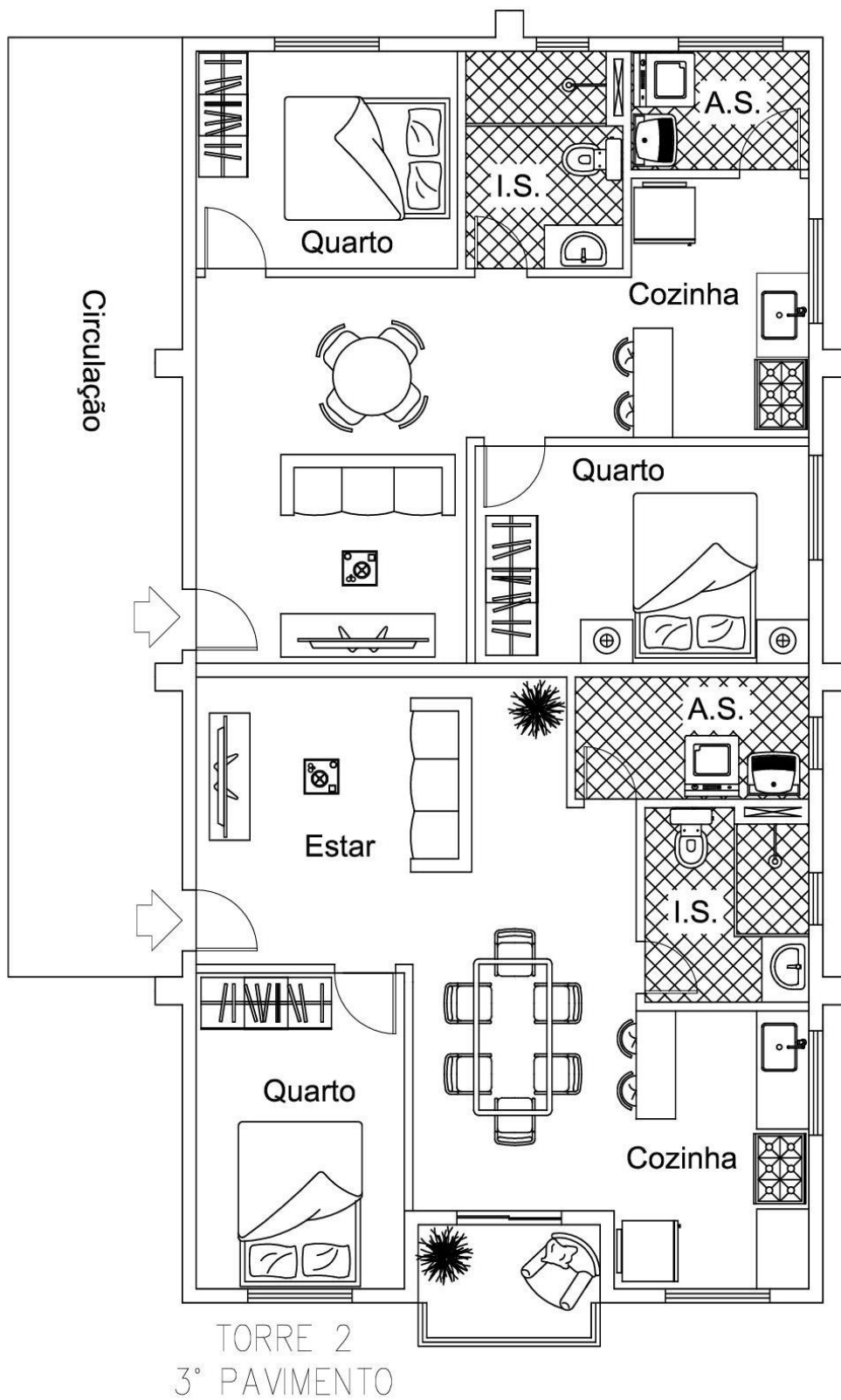
Fonte: Desenvolvido pelo autor, 2019

Figura 41 - Layout Torre 2 (sem escala)



TORRE 2
1º PAVIMENTO

Figura 42 - Layout Torre 2 (sem escala)



Seguindo os parâmetros definidos pelo plano diretor de Uberaba chegamos aos seguintes números:

Taxa de ocupação: 50%

Coeficiente de aproveitamento: 1,47

Área permeável: 25%

Gabarito da edificação: 12,80m (considerando caixa d'água 14,75m).

As imagens 43 e 44 mostram a fachada frontal do edifício onde possui uma área de permanência aproveitando a esquina e a 45 representa um corte, para um melhor entendimento da escada e da localização da caixa d'água, através do modelo 3D.

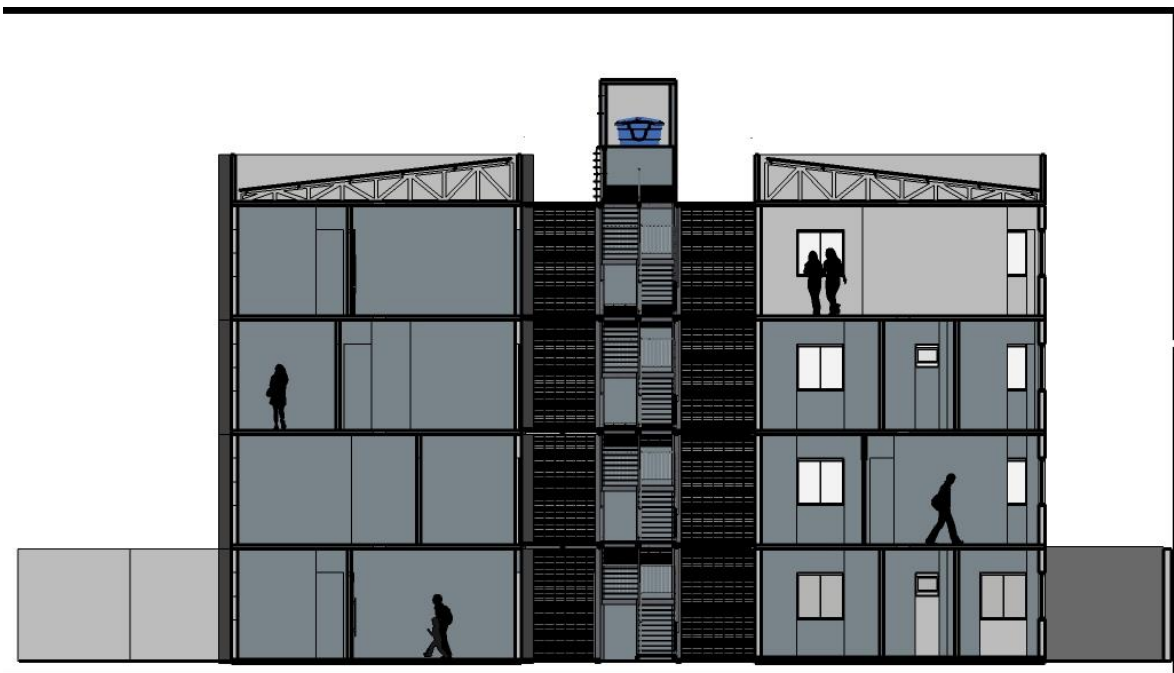
Figura 43 - fachada frontal



Fonte: Desenvolvido pelo autor, 2019

Figura 44 - Fachada frontal

Fonte: Desenvolvido pelo autor, 2019

Figura 45 – Corte

Fonte: Desenvolvido pelo autor, 2019

CONSIDERAÇÕES

A presente pesquisa procurou, conhecer e discutir mais sobre os conceitos de flexibilidade, partindo de um método construtivo julgado como rígido onde buscaram-se soluções projetuais não convencionais para esse sistema tão difundido em nosso país.

Observa-se que a modulação é um método que se adequa bem ao sistema construtivo em alvenaria estrutural, ademais, aliada a outros elementos facilitadores para a flexibilização foi possível desenvolver duas torres em alvenaria estrutural com quatro pavimentos cada uma e 16 apartamentos todos distintos, incluindo os de mesma área, seguindo o conceito de flexibilidade adotado pela pesquisa, que defende a liberdade de escolha desde o projeto, utilizando de paredes de vedação em material leve permitindo assim mudanças futuras.

Todos os conceitos apresentados reforçam que a alvenaria estrutural pode sim ser utilizada de uma forma mais flexível do que é empregada de forma hegemônica. Contudo, é necessário mudar a forma como ela é vista e executada, assim como a concepção do projeto e o modo como ele é desenvolvido são muito importantes para o sucesso na flexibilização da alvenaria estrutural.

Visualizar a moradia em longo prazo, pensando nas mudanças que as pessoas que residem ali passam ter ao longo da vida, é de suma importância para fazer desse projeto algo mutável e seguro questionando o atual padrão do mercado imobiliário que apenas replica uma “casa-modelo” fazendo com que a pluralidade das pessoas se adequem a ele e não o contrário.

REFERÊNCIAS

ABCI – **Manual Técnico de alvenaria**, 1990

_____. **NBR 6118**: Projeto de estruturas de concreto – procedimentos. Rio de Janeiro, 2014.

_____. **NBR NBR 15270-2**: componentes cerâmicos: parte 2 : blocos cerâmicos para alvenaria estrutural: terminologia e requisitos. Rio de Janeiro, 2005.

_____. **NBR 15961-1**: Alvenaria estrutural – blocos de concreto – parte 1 – projeto. Rio de Janeiro, 2011.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15270-2**: componentes cerâmicos: parte 2 : blocos cerâmicos para alvenaria estrutural: terminologia e requisitos. Rio de Janeiro, 2005

ARAÚJO SILVA, Margarete Maria. **Diretrizes para o projeto de alvenaria de vedação**. Dissertação de Mestrado. Departamento de Engenharia de Construção Civil. São Paulo. 2003

BARAVELLI, José Eduardo. **Trabalho e tecnologia no Programa MCMV**. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, 2014.

BARROS, M.M.S.B. **O processo de produção das alvenarias racionalizadas**. In: Seminário Tecnologia e Gestão na Produção de Edifícios: Vedações Verticais (1o .: 1998 : São Paulo) Anais; ed. por F.H. Sabbatini, M.M.S.B. de Barros, J.S. Medeiros. São Paulo, EPUSP/PCC, 1998.

BEZERRA JÚNIOR, 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. 2016. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2016.

BONDUKI, Nabil. **Origens da habitação social no Brasil**. São Paulo: Estação Liberdade, 1998.

CAMPOS, J. C. . **Curso de Concreto Estrutural**. 2017. (Desenvolvimento de material didático ou instrucional - Apostila).

DIGIACOMO, M. C. **Estratégias de projeto para habitação social flexível**. 2004. 163 p. Dissertação (Mestrado em Arquitetura) – Programa de Pós Graduação em Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2004.

DRYSDALE, R. G. **Masonry structures: behavior and design**. Englewood Cliffs: Prentice Hall, 1994

DUARTE, José Pinto. **Tipo e módulo. Abordagem ao processo de produção da habitação**. Lisboa: Laboratório Nacional de Engenharia Civil, 1995.

FARAH, Marta S. F. **Processo de trabalho na construção habitacional: tradição e mudança**. São Paulo: FAPESP, 1996.

FARIA, M. S.; PARSEKIAN, G. A. **Execução e controle de obras**. In: MOHAMAD, G. (Org.). Construções em alvenaria estrutural: materiais, projeto e desempenho. São Paulo: Blucher, 2015.

FERREIRA, João Sette Whitaker. **Produzir casas ou construir cidades? desafios para um novo brasil urbano**. Parâmetros de qualidade para a implementação de projetos habitacionais e urbanos.. CIDADE: FUPAM, 2012.

FINKELSTEIN, Cristiane Wainberg. **Flexibilidade na arquitetura residencial** – um estudo sobre o conceito e sua aplicação. Porto Alegre: UFRGS, Faculdade de Arquitetura, 2009.

JORGE, Liziane de Oliveira. **Estratégias de Flexibilidade na arquitetura residencial multifamiliar**. 2012. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2012.

LEMOS, C. **Alvenaria Burguesa**. São Paulo, Nobel, 1985

MARICATO, E. “**O ‘Minha Casa’ é um avanço, mas segregação urbana fica intocada**”. Carta Maior, 27 maio 2009. Disponível em: <<http://www.cartamaior.com.br>>. Acesso em: 25 nov. 2018.

MASCARENHAS, Giselle Oliveira. **FRAGMENTOS DO CANTEIRO: a produção habitacional sob a ênfase da racionalização construtiva**. 2015. 232 p. Dissertação (Pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo) - Universidade Federal de Minas Gerais, [S.I.], 2015.

MATEUS, R. **Novas tecnologias construtivas com vista à sustentabilidade da construção**. 2004. 79 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade do Minho, Guimarães, 2004.

MENDONÇA, Eneida Maria Souza. **Transferência de interesse n percurso da verticalização de construções em Vitória (ES)**. Tese de doutorado. São Paulo: Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, 2001.

MEZZADRI, H. . Mles no Weissenhof. **ARQTEXTO** (UFRGS) , v. 13, p. 38-53, 2008.

NEVES, Célia; FARIA, Obede Borges (Org.). **Técnicas de Construção com terra. Bauru - SP: FEB-UNESP / PROTERRA**, 2011. 80 p. Disponível em: https://www.promemoria.indaiatuba.sp.gov.br/arquivos/proterra-tecnicas_construcao_com_terra.pdf>. Acesso em: 22 nov. 2018.

NEVES, Sofia Laura Ornelas. **Redesenhar e requalificar o lugar informal do bairro à cidade: a habitação evolutiva como meio de ligação do bairro à cidade**. 2013.

PERREIRA, Alessandro Guimarães. 2007. **Módulo 16: Técnicas de construção**. Brasília: Universidade de Brasília. 121 p.

PINHEIRO, Levi et al. **Panorama Da Produção De Obras Em Terra Crua Com Design Contemporâneo Nos Últimos 60 Anos No Brasil**. In: Congresso Internacional de História da construção Luso Brasileira, 02., 2016, Porto - Portugal, 2016. p. 1-11. Disponível em:

<<https://repositorioaberto.up.pt/bitstream/10216/86343/2/162727.pdf>>. Acesso em: 22 nov. 2018.

RAMALHO, M. A.; CORRÊA, M. R. S. **Projeto de Edifícios de Alvenaria Estrutural**. São Paulo, PINI, 2003.

SABBATINI, Fernando. **A industrialização e o progresso de produção de vedações**: utopia ou elemento de competitividade empresarial? In: Seminário Tecnologia e Gestão na Produção de Edifícios, 1998, São Paulo. Anais...São Paulo, Epusp/Pcc, 1988.

SHIMBO, Lúcia Zanin. **Habitação Social, Habitação de Mercado: a confluência entre Estado, empresas construtoras e capital financeiro**. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2010.

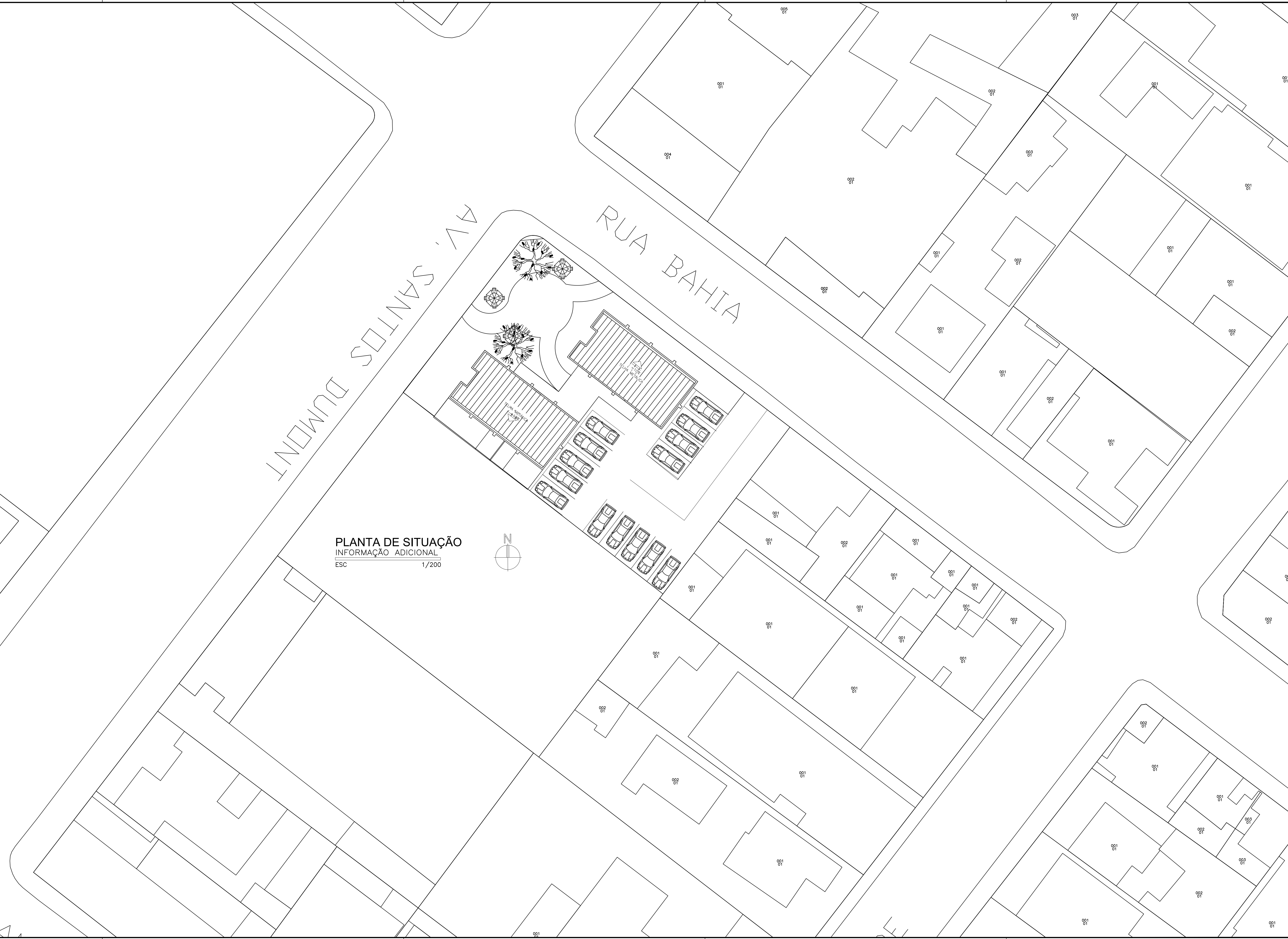
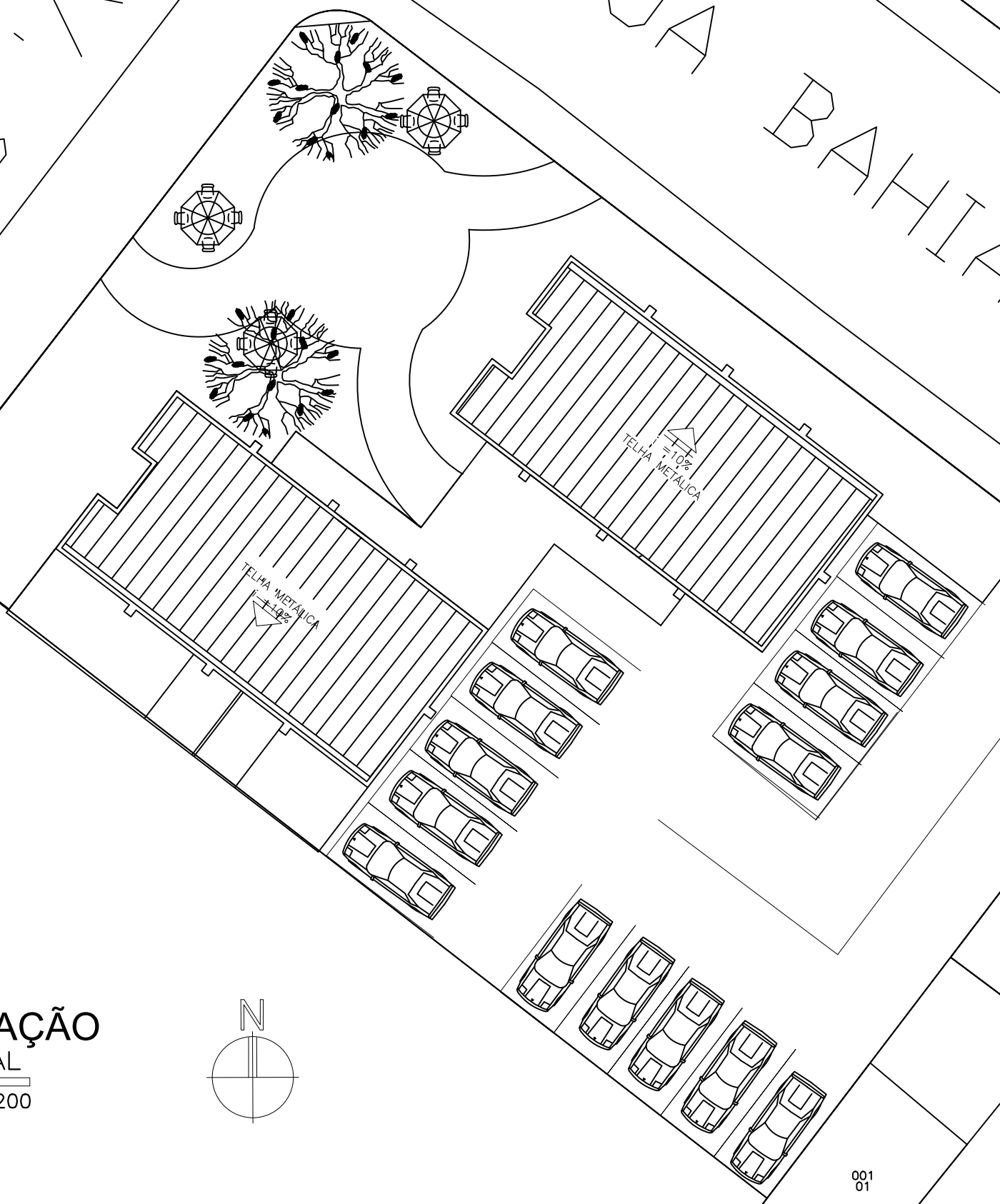
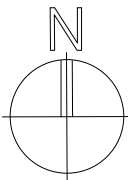
ZECHMEISTER, Dóris. **Estudo para padronização das dimensões de unidades de alvenaria estrutural no Brasil através do uso da coordenação modular**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto alegre, 2005.

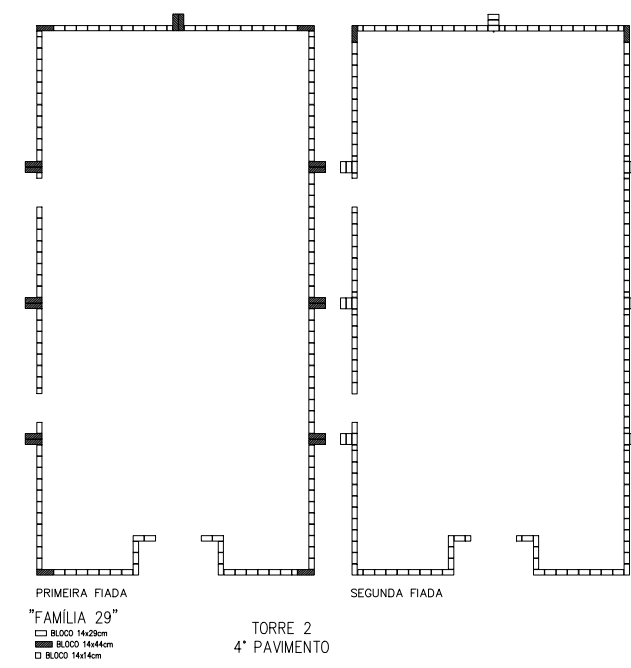
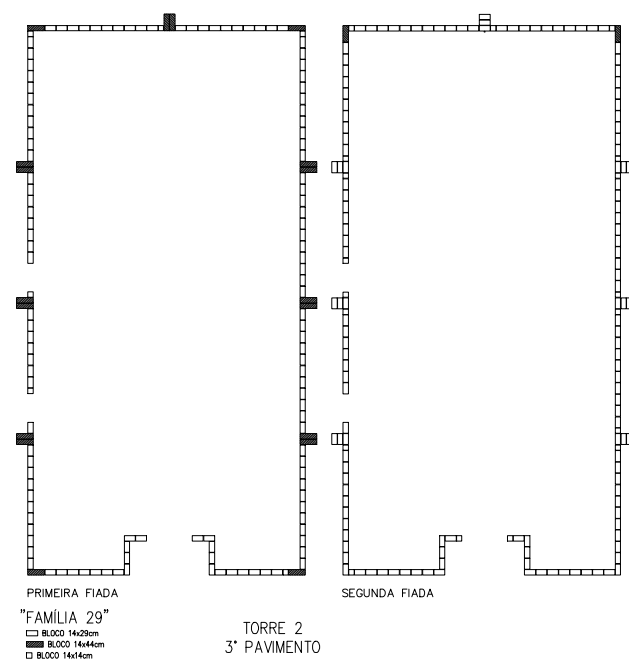
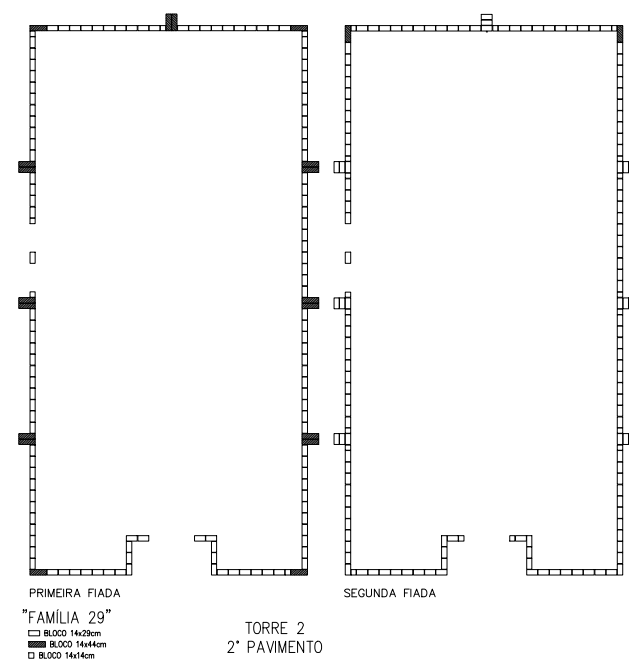
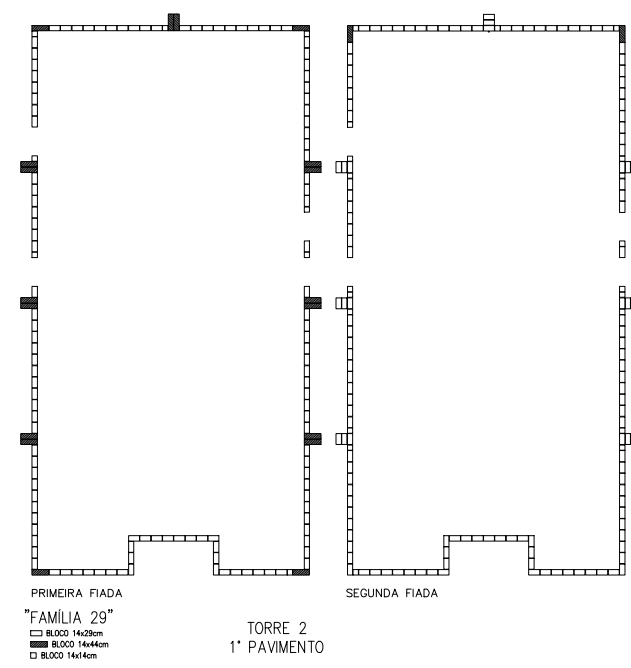
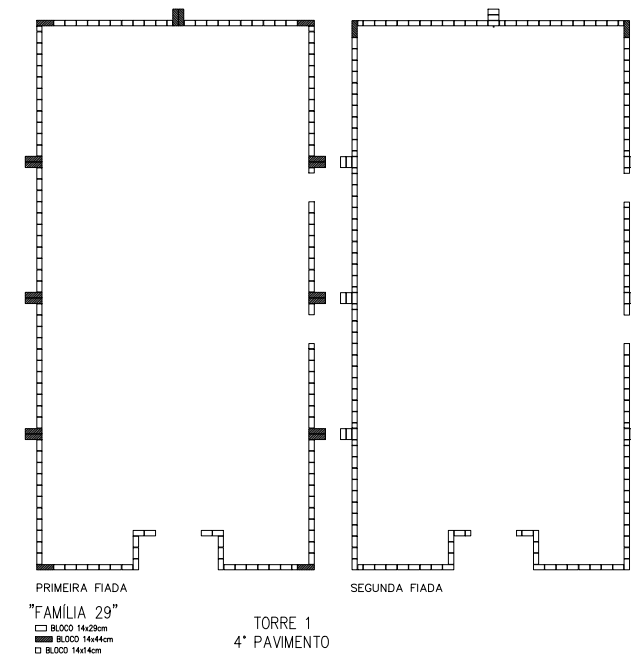
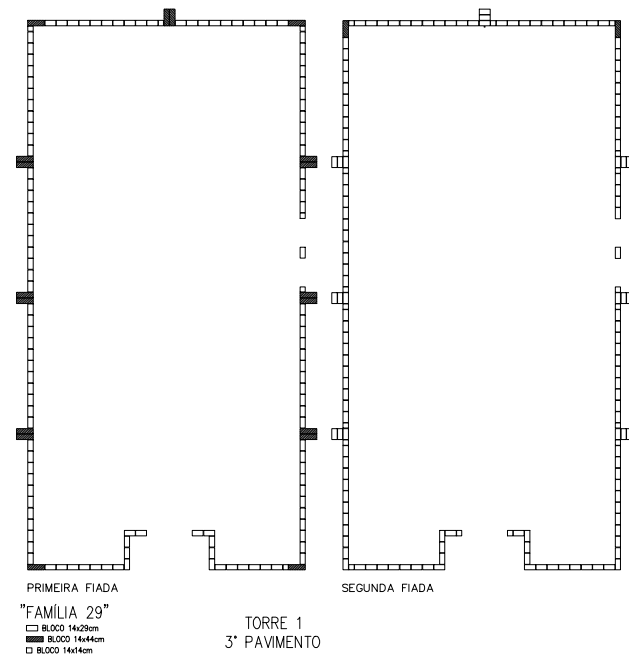
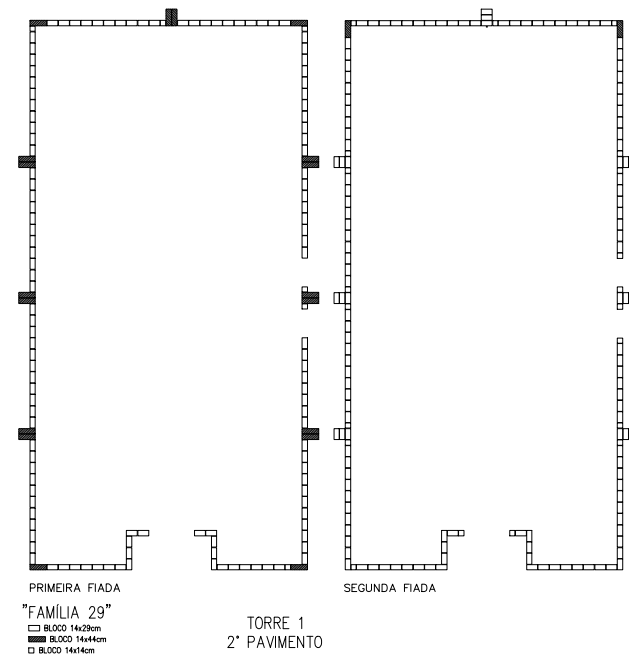
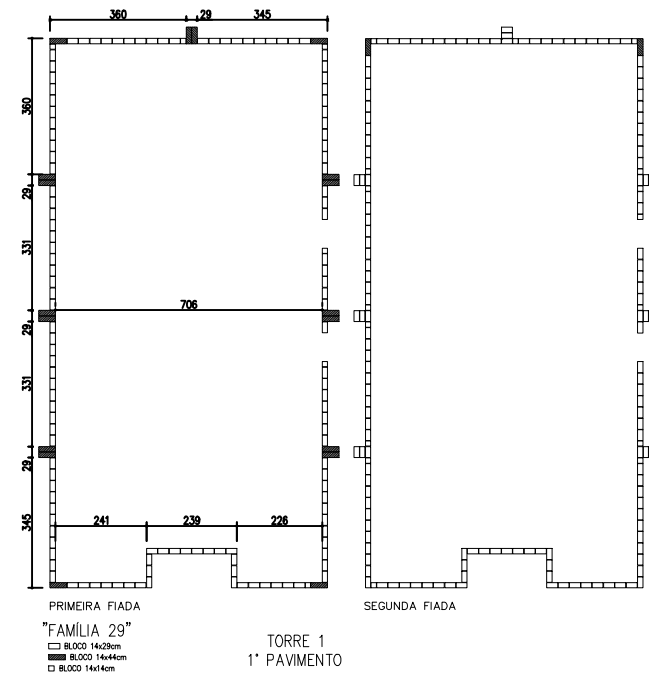
ANEXO I

AV. SANTOS DUMONT

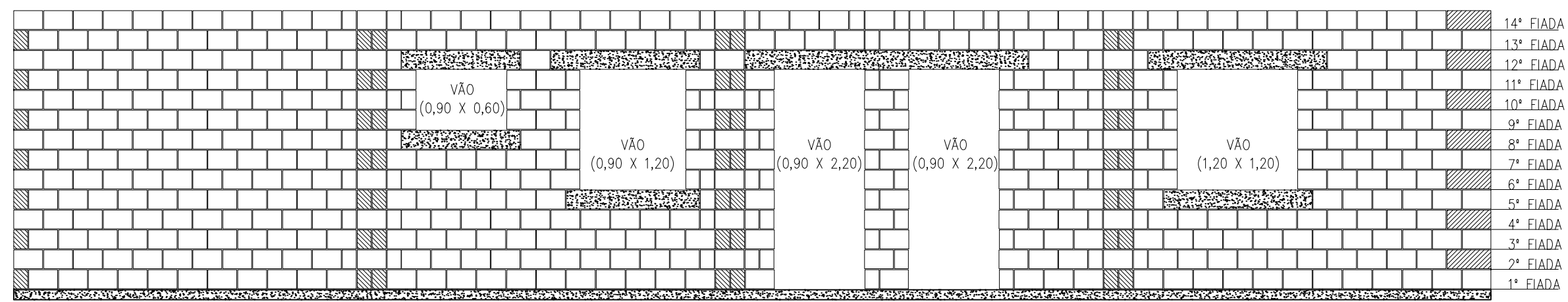
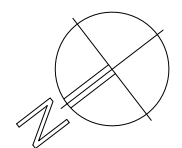
RUA BAHIA

PLANTA DE SITUAÇÃO
INFORMAÇÃO ADICIONAL
ESC 1/200

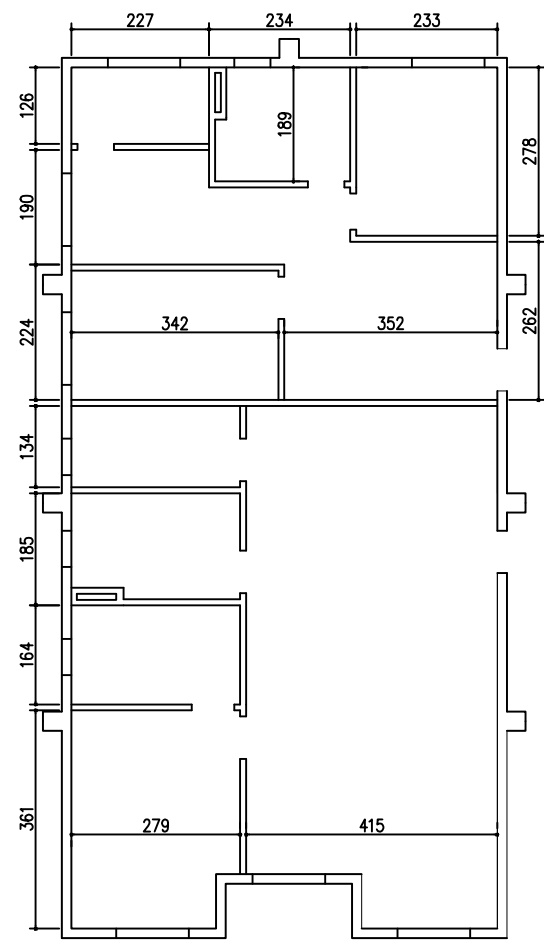




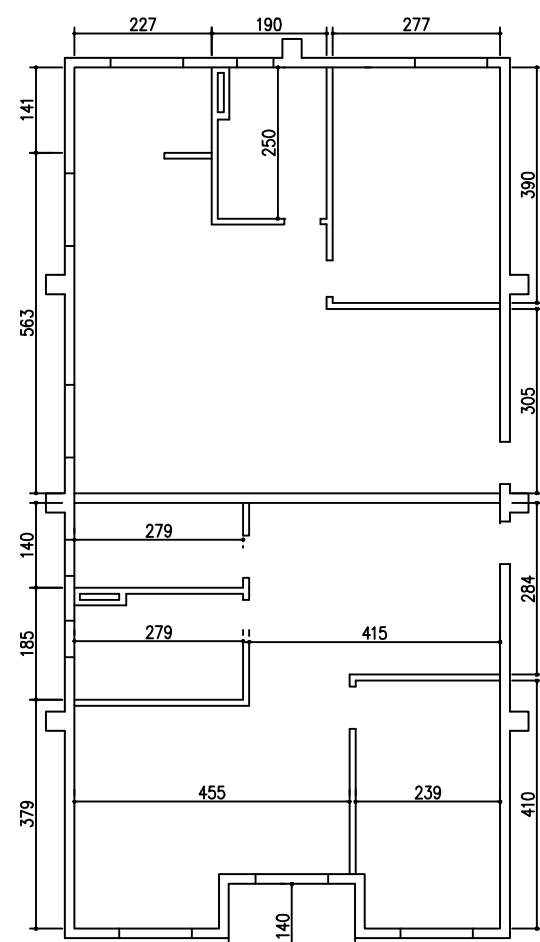
1^a E 2^a FIADAS
TODOS OS PAVIMENTOS
ESC 1/200



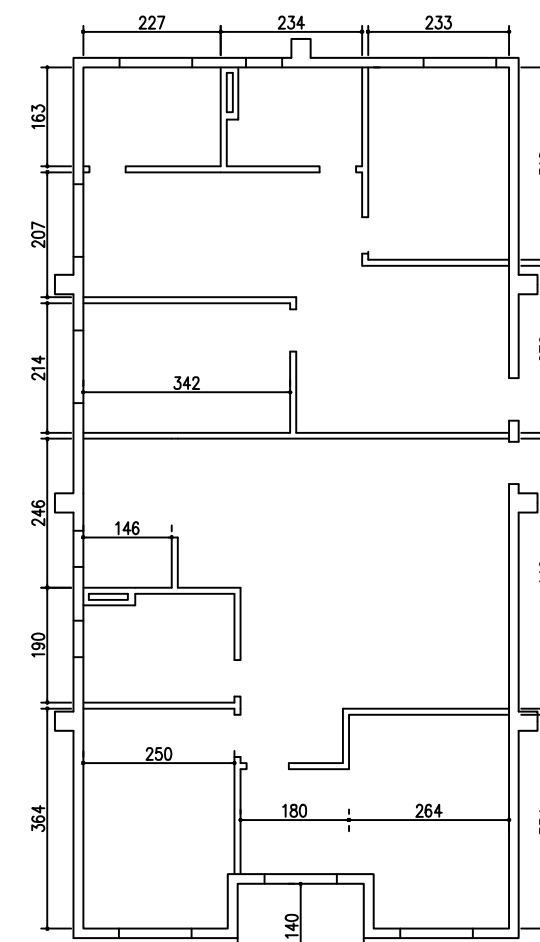
ELEVAÇÃO FACHADA LESTE
TORRE 2 PRIMEIRO PAVIMENTO
ESC 1/100



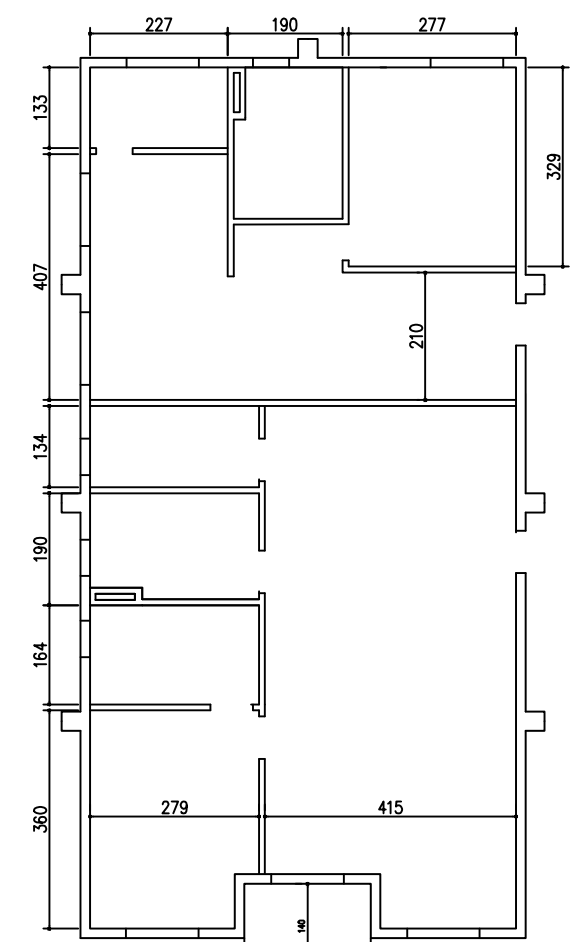
TORRE 1
1° PAVIMENTO



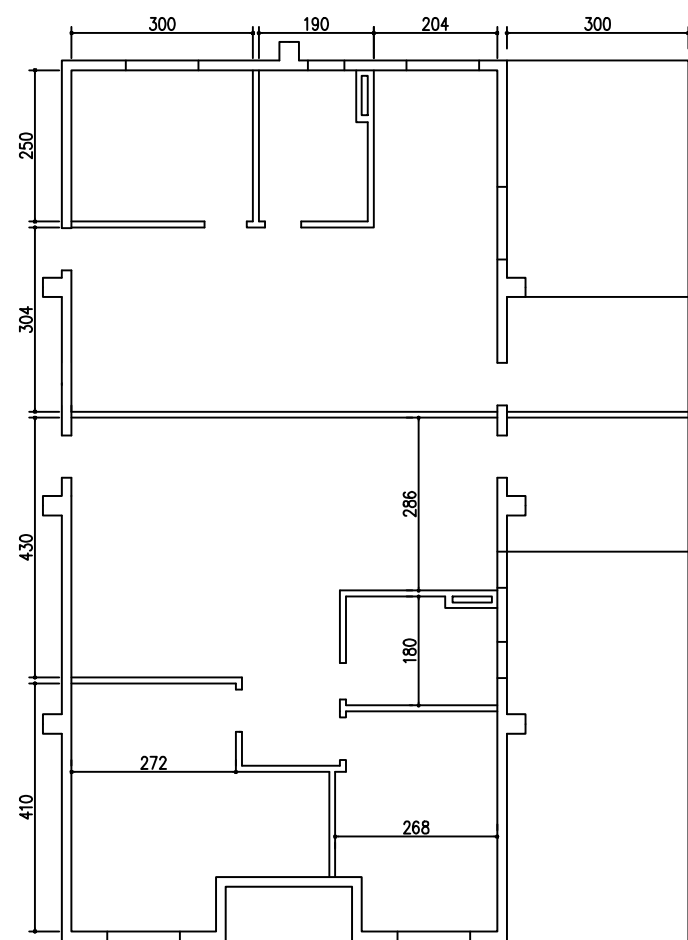
TORRE 1
2° PAVIMENTO



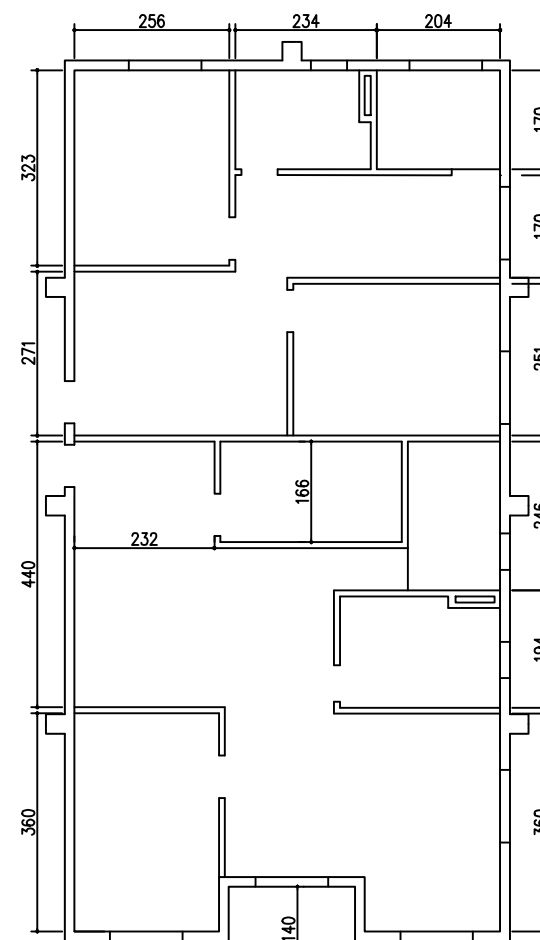
TORRE 1
3° PAVIMENTO



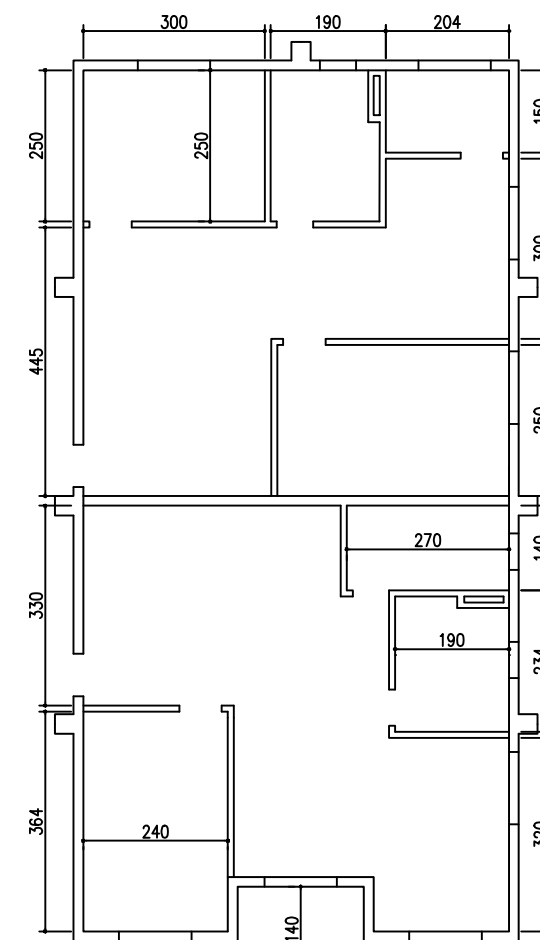
TORRE 1
4° PAVIMENTO



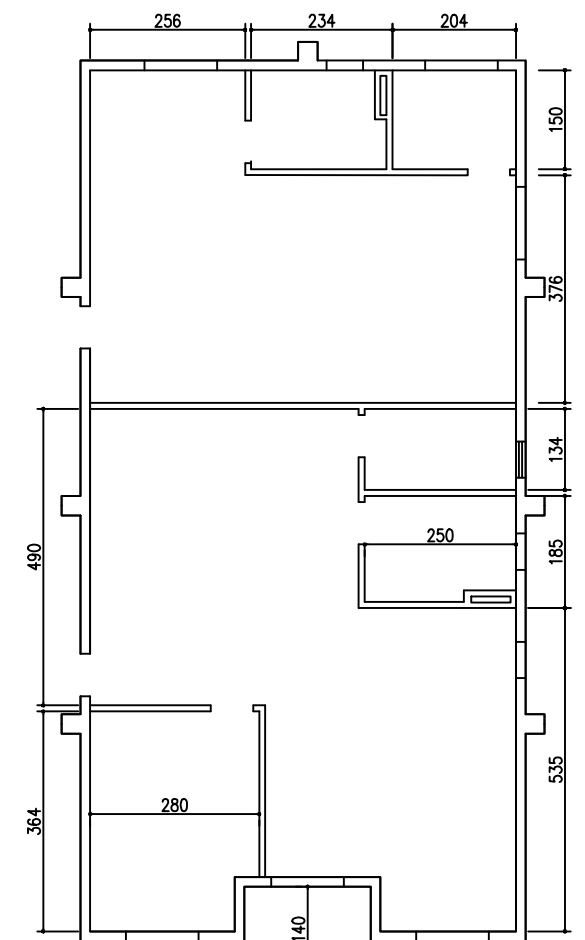
TORRE 2
1° PAVIMENTO



TORRE 2
2° PAVIMENTO



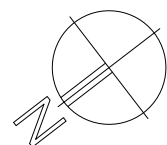
TORRE 2
3° PAVIMENTO

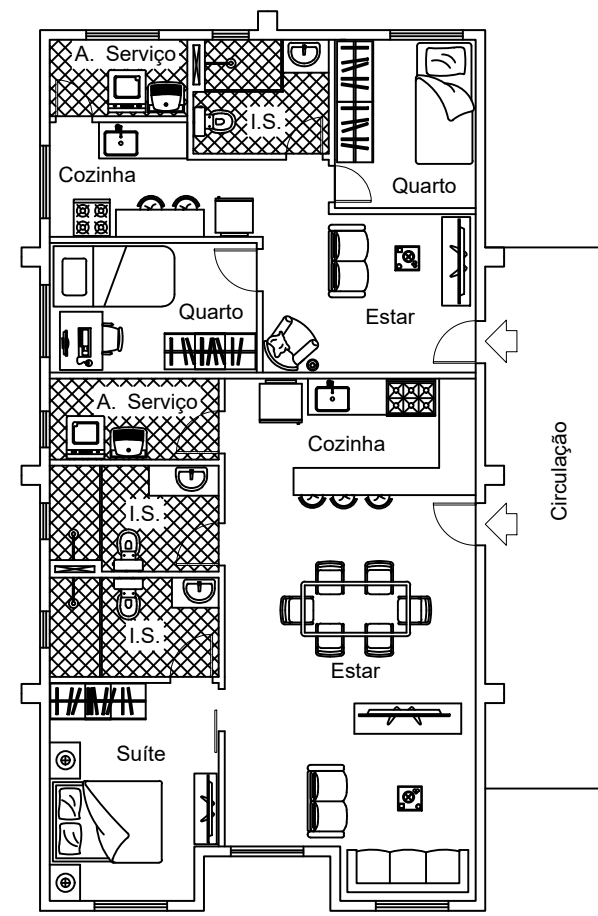


TORRE 2
4° PAVIMENTO

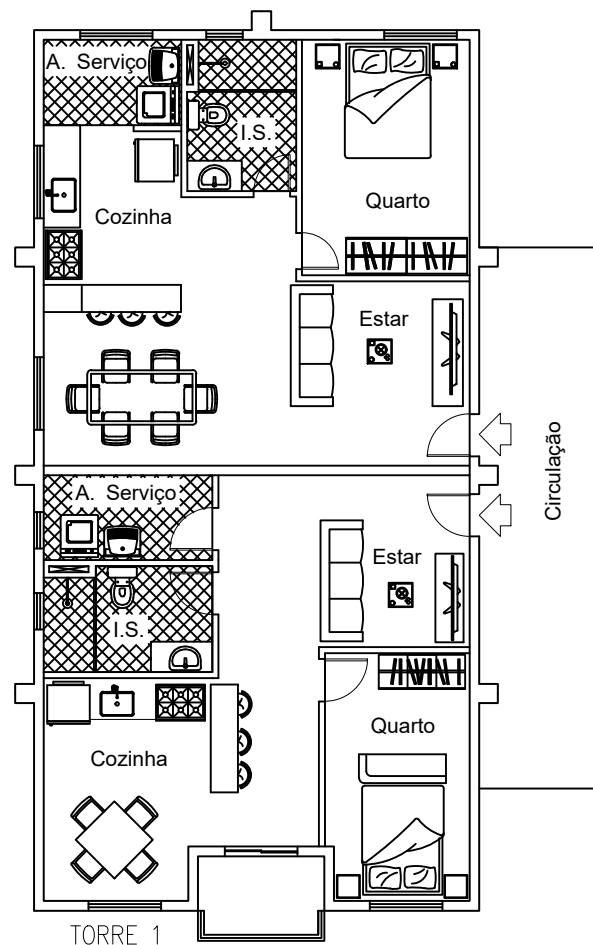
LAYOUTS

ESC 1/125

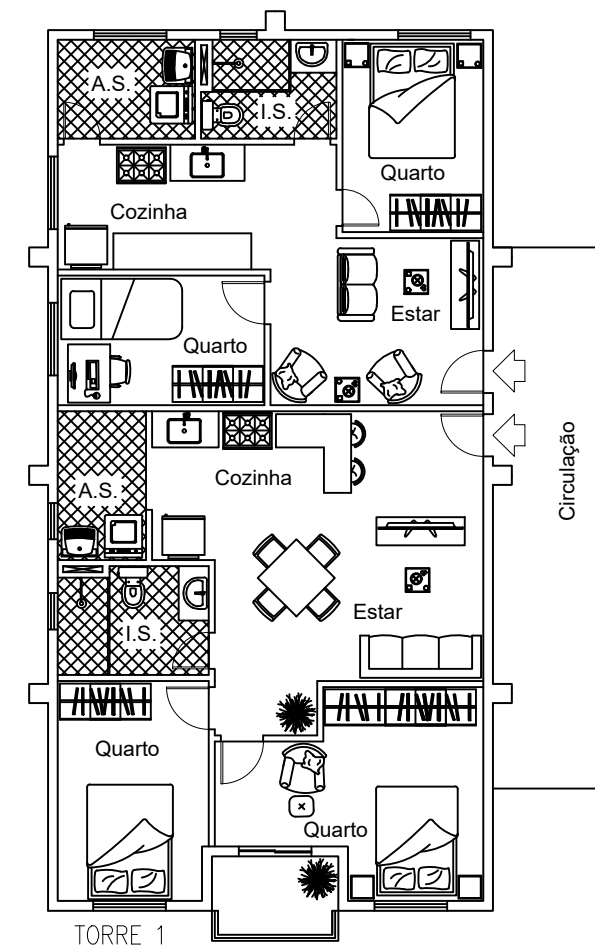




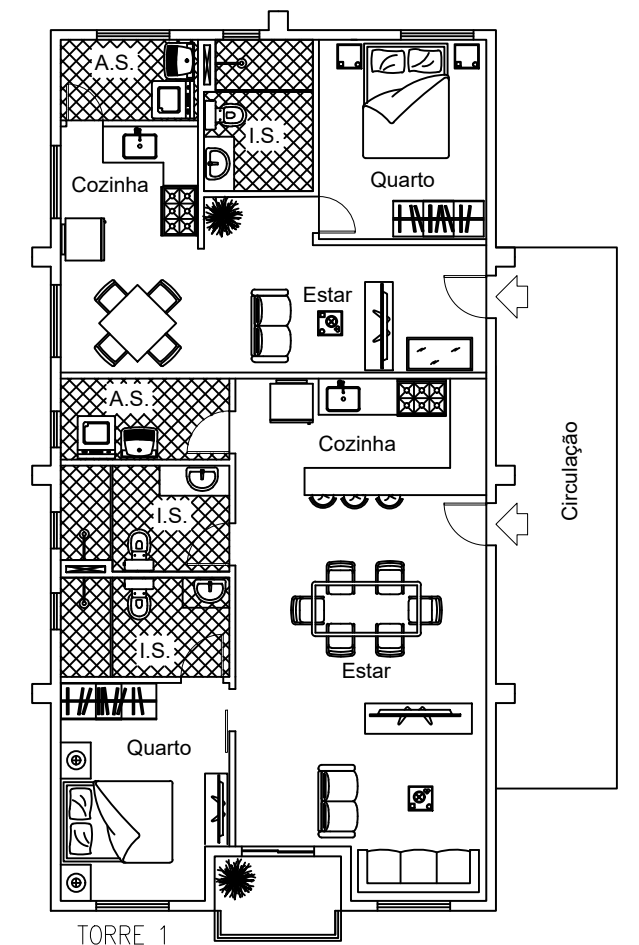
TORRE 1
1° PAVIMENTO



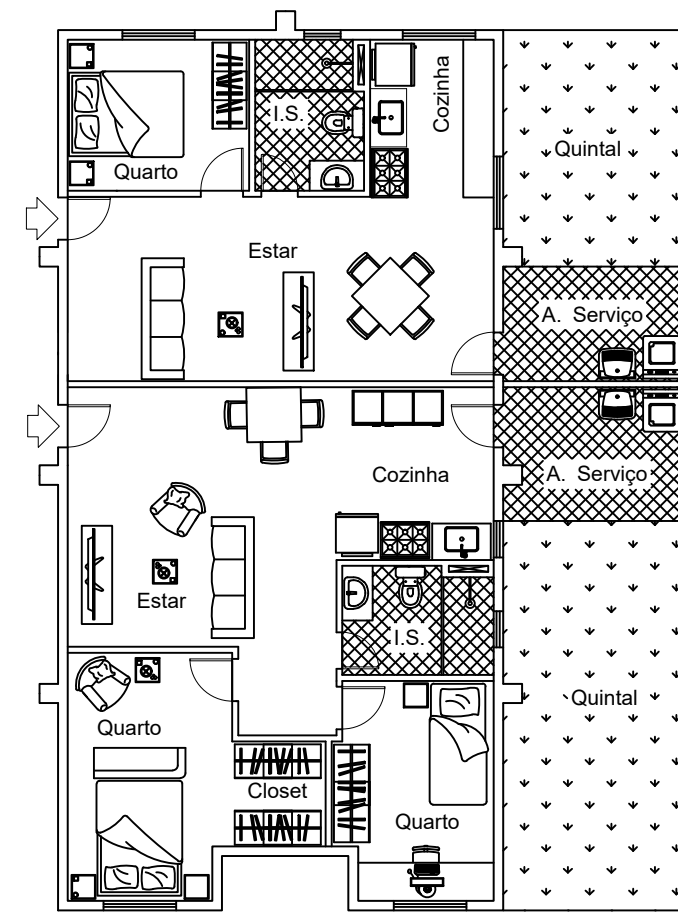
TORRE 1
2° PAVIMENTO



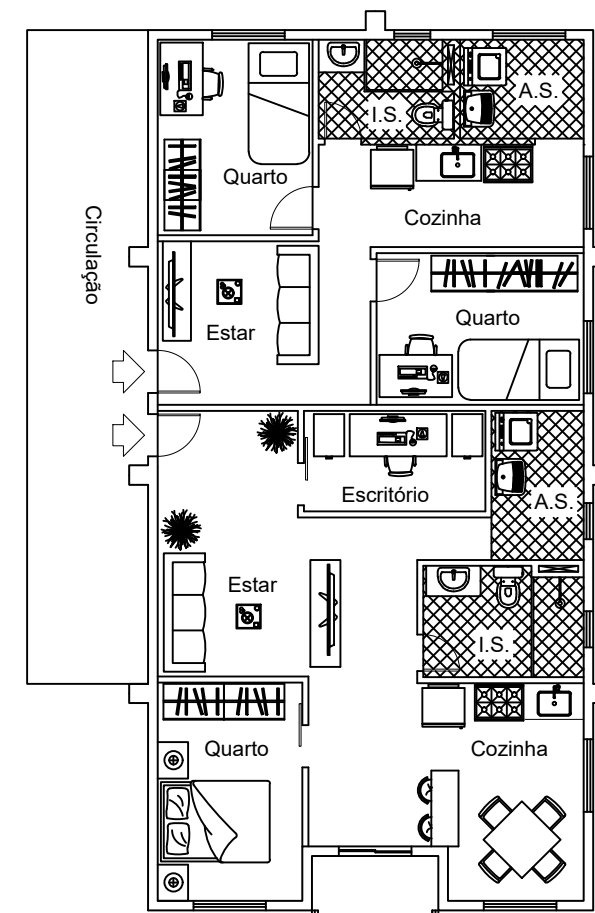
TORRE 1
3° PAVIMENTO



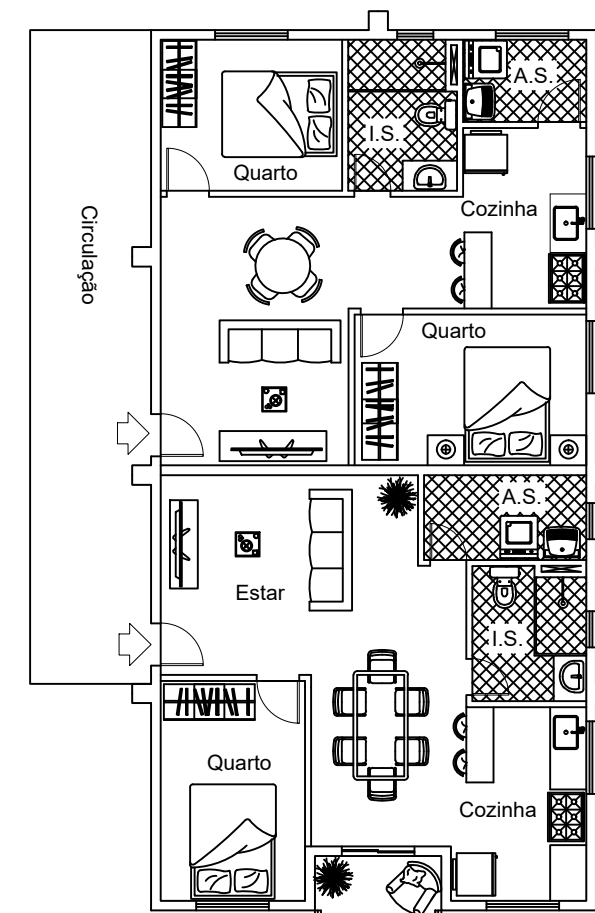
TORRE 1
4° PAVIMENTO



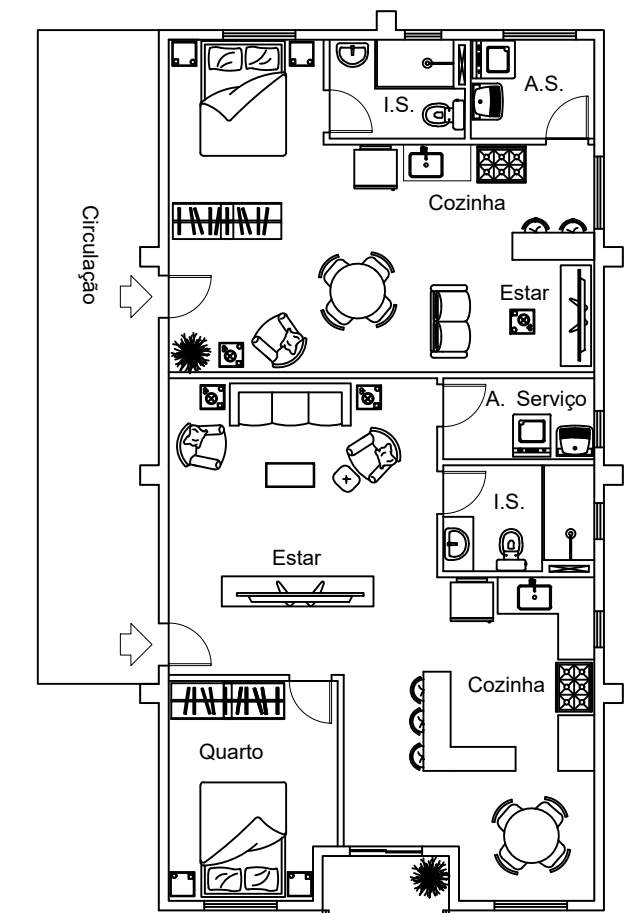
TORRE 2
1° PAVIMENTO



TORRE 2
2° PAVIMENTO



TORRE 2
3° PAVIMENTO

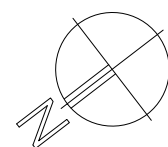


TORRE 2
4° PAVIMENTO

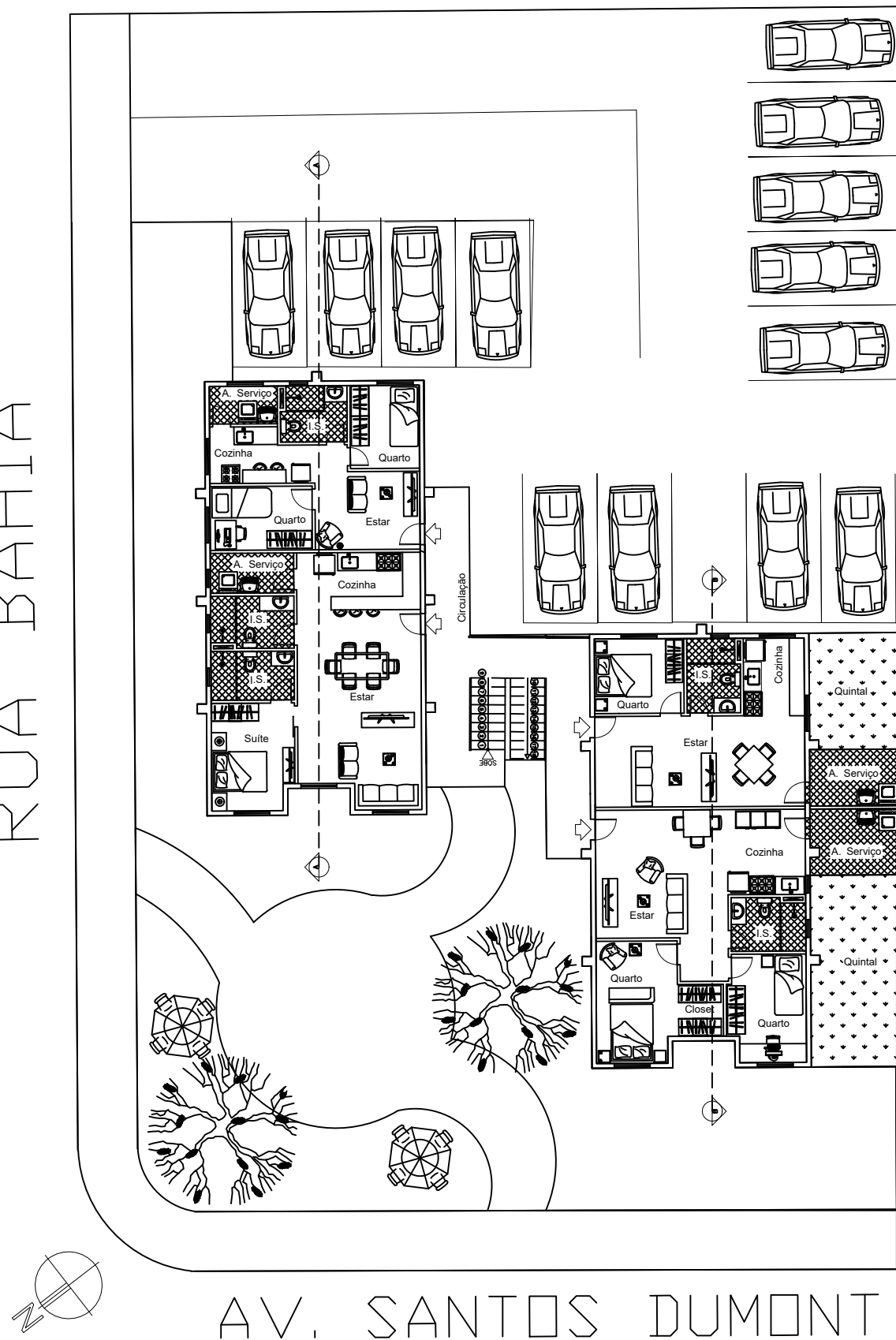
LAYOUTS

ESC

1/125



RUA BAHIA

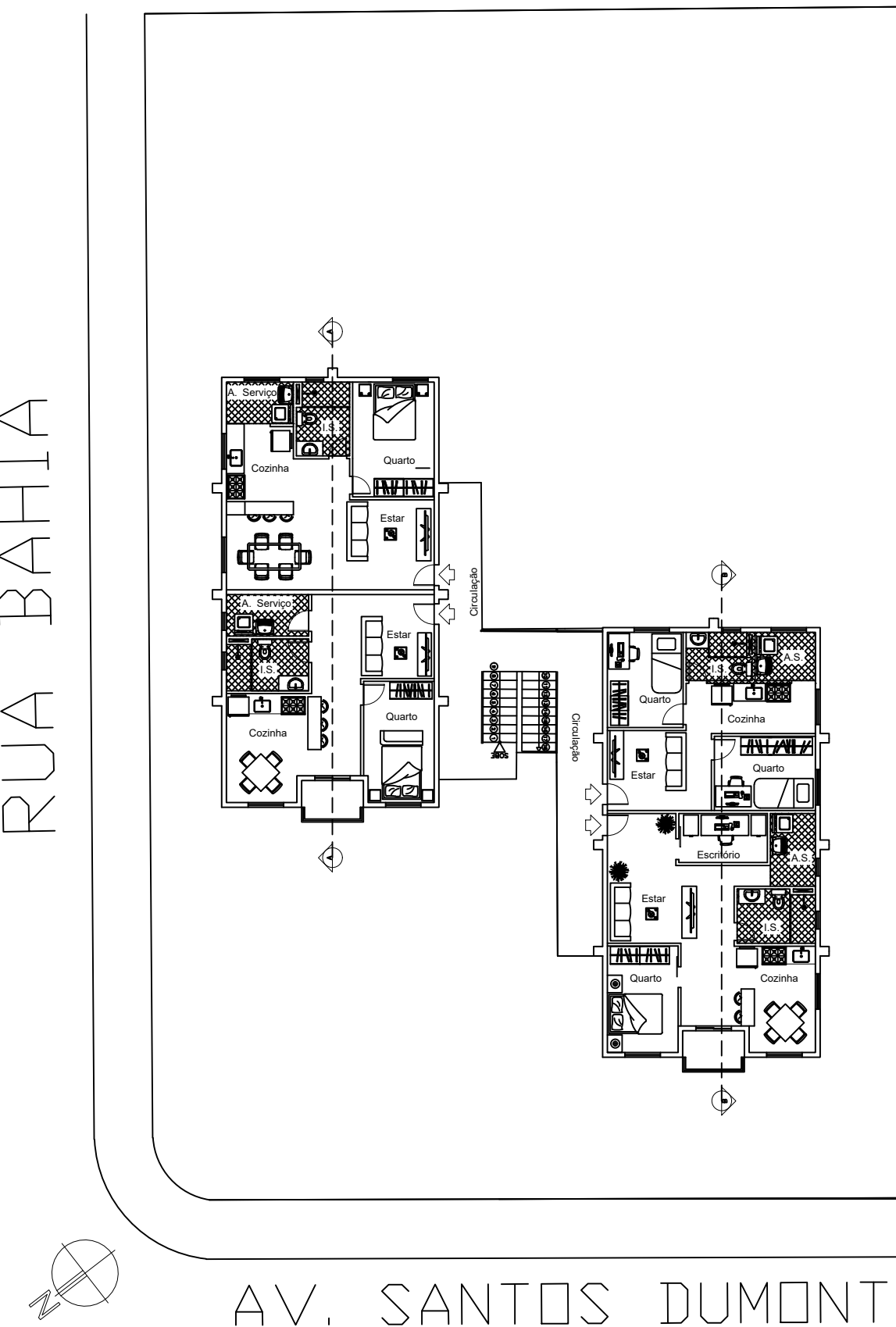


AV. SANTOS DUMONT

PLANTA BAIXA
1º PAVIMENTO

ESC 1/200

RUA BAHIA

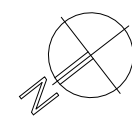


AV. SANTOS DUMONT

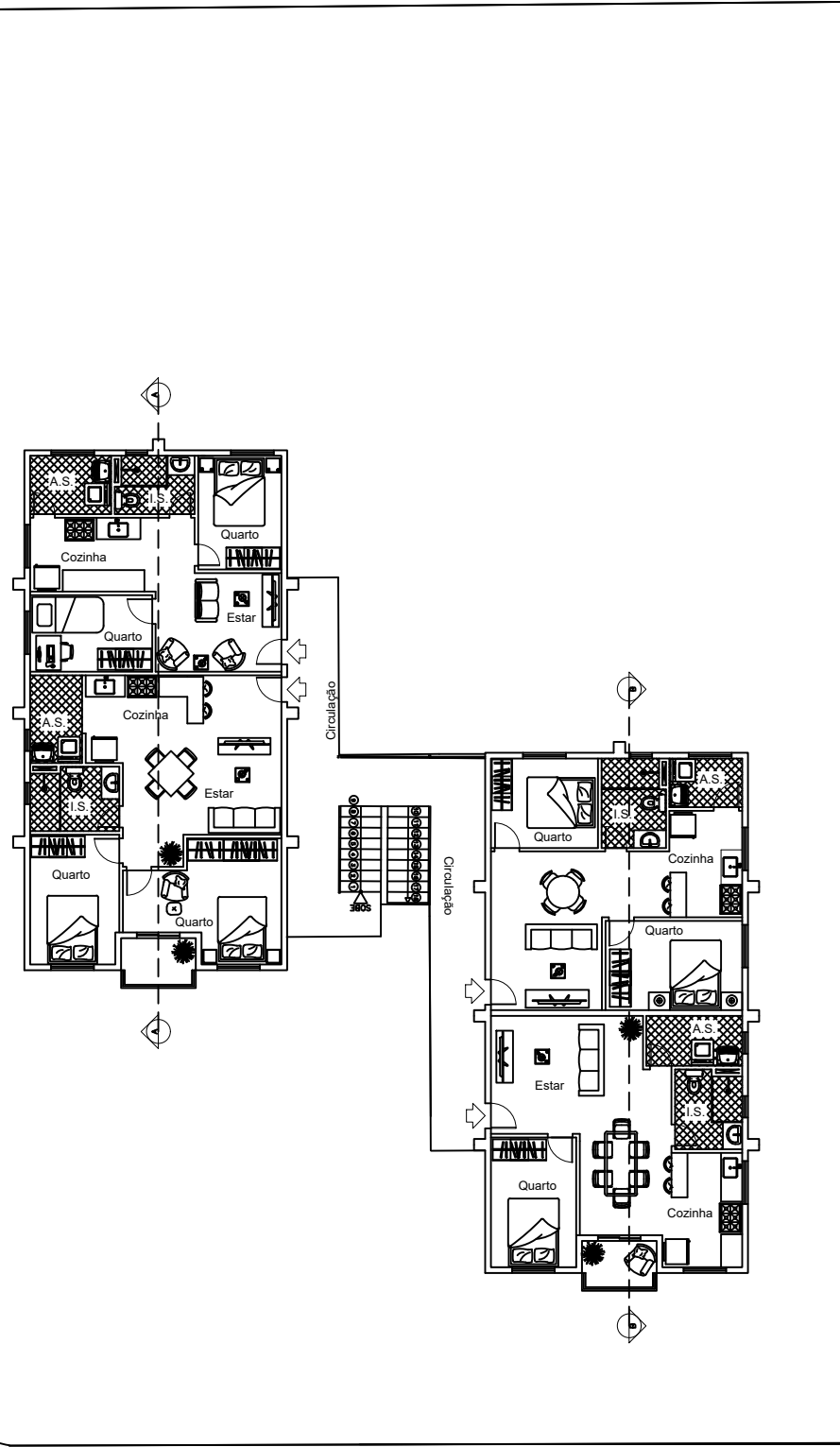
PLANTA BAIXA
2º PAVIMENTO

ESC 1/200

RUA BAHIA



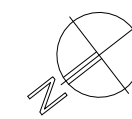
AV. SANTOS DUMONT



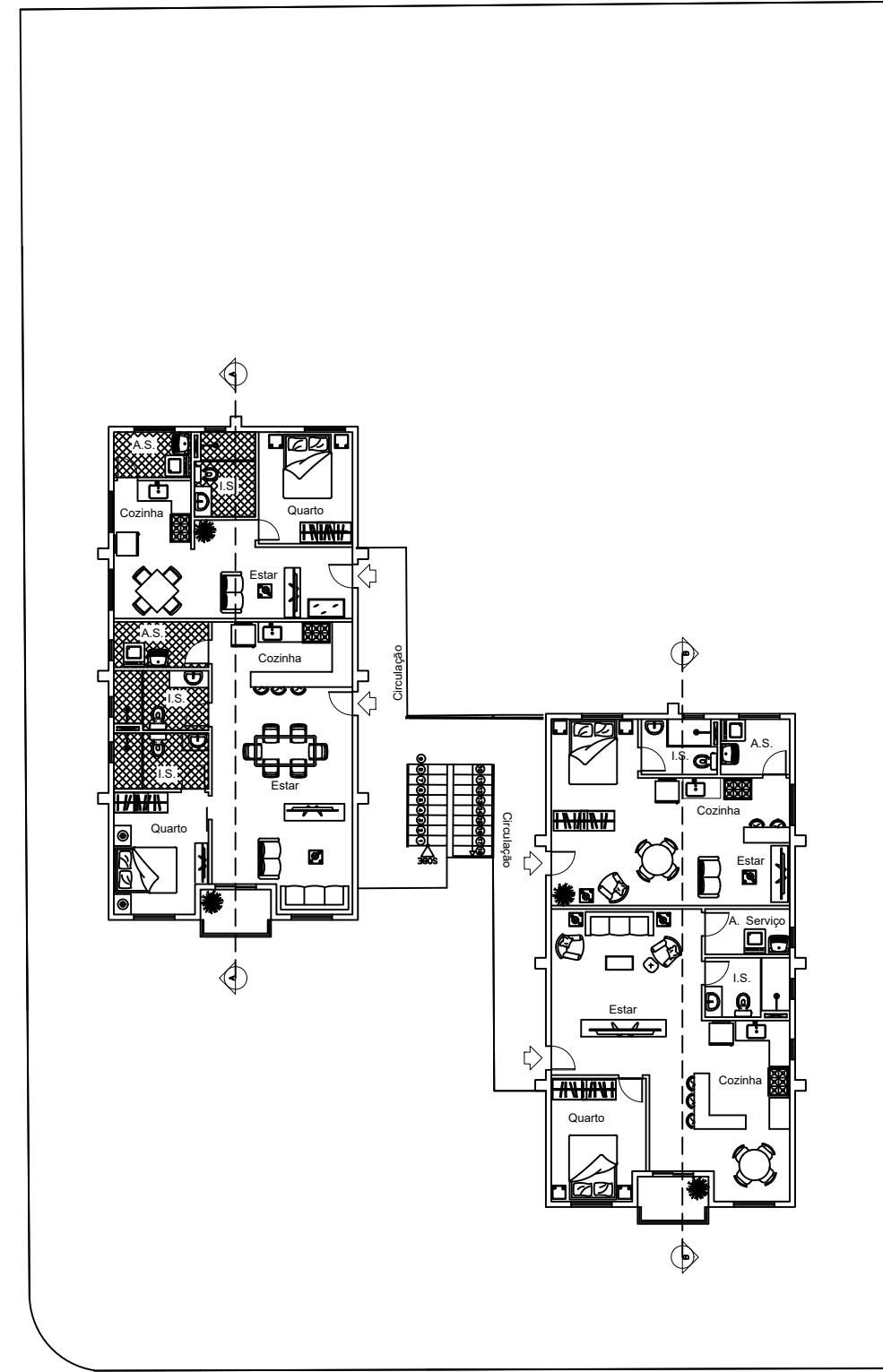
PLANTA BAIXA
3º PAVIMENTO

ESC 1/200

RUA BAHIA

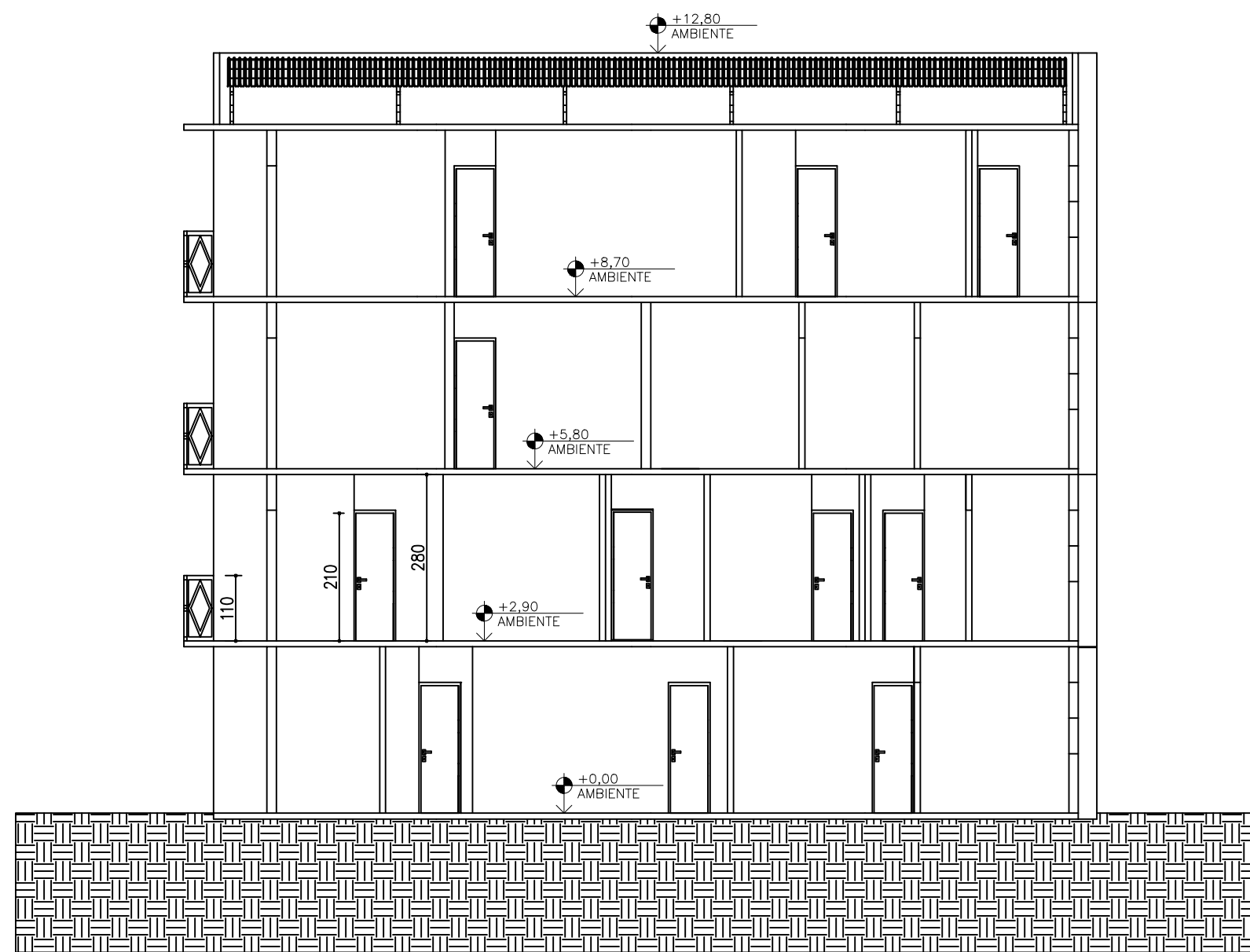


AV. SANTOS DUMONT



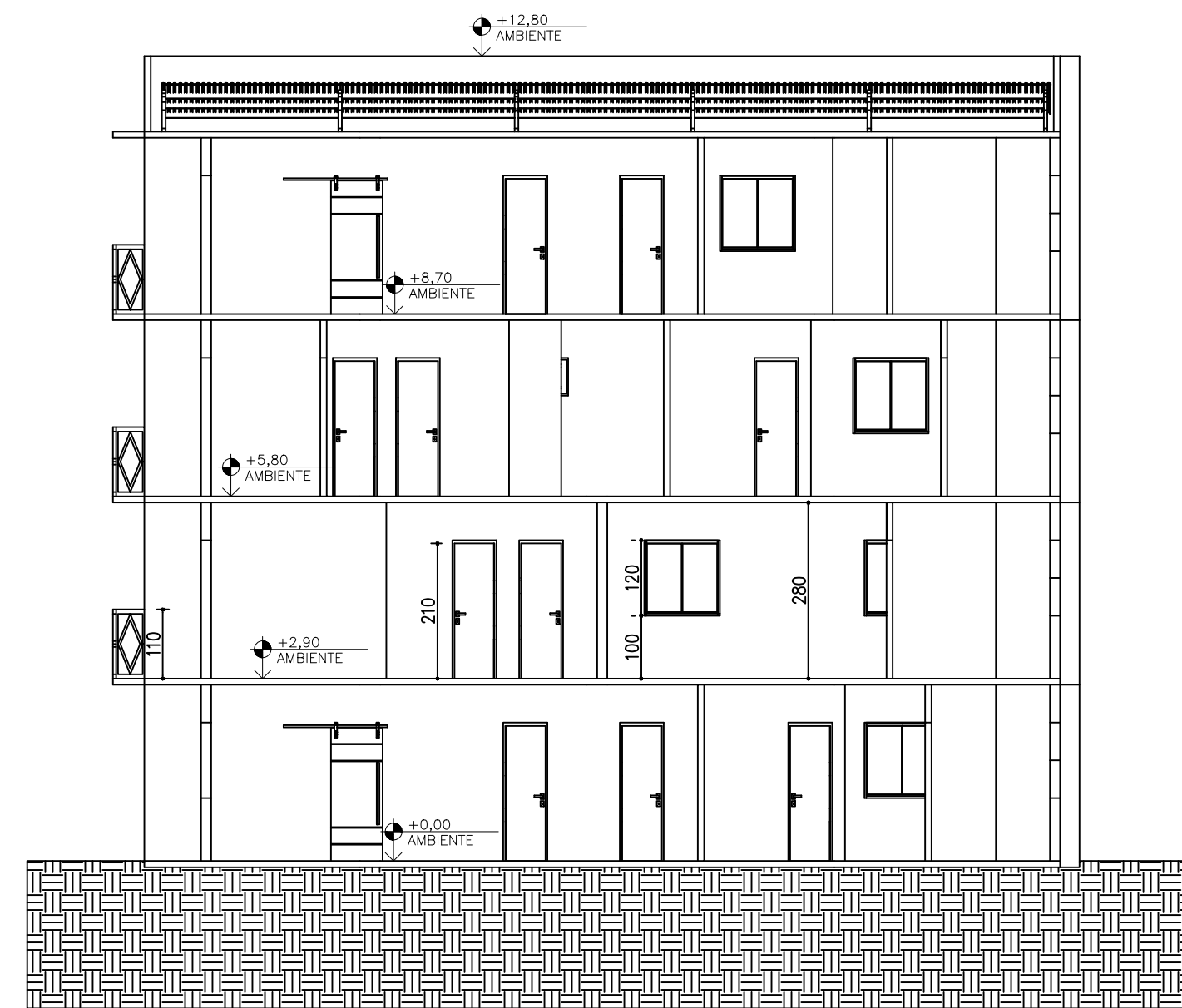
PLANTA BAIXA
4º PAVIMENTO

ESC 1/200



CORTE AA

ESC 1/100



CORTE BB

ESC 1/100